

TURUN YLIOPISTON JULKAISUJA  
ANNALES UNIVERSITATIS TURKUENSIS

SARJA - SER. A II. OSA - TOM. 114  
BIOLOGICA - GEOGRAPHICA - GEOLOGICA

# GEOECOLOGÍA Y DESARROLLO AMAZÓNICO

ESTUDIO INTEGRADO EN LA ZONA DE IQUITOS, PERÚ



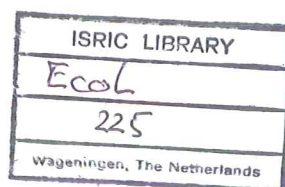
Editores:

Risto Kalliola ♦ Salvador Flores Paitán

TURUN YLIOPISTO  
Turku 1998



TURUN YLIOPISTON JULKAISUJA  
ANNALES UNIVERSITATIS TURKUENSIS



SARJA – SER. A II. OSA – TOM. 114  
BIOLOGICA – GEOGRAPHICA - GEOLOGICA

# GEOECOLOGÍA Y DESARROLLO AMAZÓNICO

ESTUDIO INTEGRADO EN LA ZONA DE IQUITOS, PERÚ

Editores:

Risto Kalliola ♦ Salvador Flores Paitán

Colaboración de:



Proyecto Amazonía  
Universidad de Turku



International Soil  
Reference and  
Information Centre



Forschungs-  
institut  
Senckenberg



Universidad  
Nacional de la  
Amazonía  
Peruana



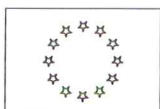
Instituto  
Nacional de  
Recursos  
Naturales

TURUN YLIOPISTO  
Turku 1998

15N 142 40 db



Con el apoyo de:



Unión Europea  
(STD3, INCO)



Academia de  
Finlandia

La tapa: Una vista del tramo de la carretera desde Nauta a Iquitos (aproximadamente km 15 de Nauta) en 13 de enero de 1996, cuándo sólo existió un claro largo y angosto en el bosque virgen. La penetración de la carretera en un bosque poco conocido ilustra bien los temas tratados en el presente libro. La mayor parte de la zona de Iquitos todavía está en su condición natural, sin embargo las presiones para el uso intensivo de las tierras aumentan rápidamente. ¿Como avanzar? Para responder a este interrogante hay que saber no solo que tipo de desarrollo se desea, sino también es necesario conocer las condiciones ambientales en las áreas de interés, y cuáles son las posibilidades y restricciones para lograr un uso sostenible de la tierra. (Foto: R. Kalliola)

ISBN 951-29-1338-0

ISSN 0082-6979

Imprimido por: Finnreklama Oy (Sulkava, 1998)



## ENGLISH SUMMARY

*Colonisation activities in humid tropical lowlands can easily become destructive for both the environment and the local economy if they are planned without adequate knowledge of the local conditions. In order to make the best possible use of the natural resources with minimal destruction it is imperative that reliable knowledge about the distribution and qualities of different sites are made available to the appropriate decision-makers.*

*The present book examines this problem in the surroundings of the city of Iquitos which is located in the Amazonian lowlands of eastern Peru. The humid tropical forests of this region are internationally celebrated as being among the most species-rich forests known on our planet. However, these forests are currently threatened by road construction and accelerating deforestation pressure.*

*The use of remote sensing imageries has played a central role throughout this research. Digitally enhanced Landsat TM image served as the basis for much of the reconnaissance level interpretation of landscape properties. Further, satellite images served as the principal information source to distinguish naturally separable units in the tropical lowlands under examination, and to plan field research activities.*

*Generally, the results obtained from this study confirm the hypothesis that the tropical lowland plains around the city of Iquitos constitute a mosaic of differing landscape units with contrasting site qualities. Although it is commonly generalised that highly weathered nutrient-poor soils characterise most of Amazonia, the spatial variation in soil properties is remarkable at least in the vicinities of Iquitos. Not only the seasonally flooded soils along rivers are distinctive but also the soils of unflooded areas vary considerably in their origin, age, texture and geochemistry.*

*An important part of soil heterogeneity is determined by past and present geological processes as the study area belongs to the western part of Amazonia where compressional tectonics provoked by the Andean orogeny is the major landscape forming force. The prevailing soil types are strongly leached alterites which are poor in nutrients for plants. However, the floodplain area of the Amazon River is characterised by fertile soils, and some clay-rich soils developed on deposits of the Miocene Pebas Formation may have substantial reserves of plant nutrients due to the presence of only slightly weathered clays in the shallow subsoil.*

*The floristic sampling covered pristine tropical rain forests in more than 20 locations, mostly based on detailed transect surveys of distribution patterns of preselected indicator plant groups (terrestrial and low epiphytic pteridophytes and Melastomataceae). These inventories confirmed that distribution patterns of the selected plant groups of the natural flora correlated with the above described topsoil properties. The floristic composition of different localities appeared to be predictable on the basis of knowledge about soils. Especially the variation in the sum of exchangeable bases and soil texture are well correlated with variation in plant species composition. The floristic pattern was also found to be correlated with the pattern of general environmental variations in digitally enhanced Landsat TM imageries, such as the one included in the Mapa geoecológico de la zona de Iquitos, Perú, appendix of the present publication.*

*Land use issues were addressed using satellite images to determine rates and patterns of deforestation. The book also contains articles on the utilisation potential of secondary vegetation, a detailed survey of agroforestry in the study area, and the economic potential of biodiversity. The results suggest that it will be possible to develop methods for using the same land areas for much longer periods of time than has been customary until now. While most of this study concentrated on non-inundated areas, the inundated lands especially along the Amazonas River should be targeted in future studies.*

*The roots of this book are in a research project titled An integrated study of land properties and their floristic indications in an acknowledged biodiversity center in northern Peruvian Amazonia, which was funded by the EU/STD3 programme and the Academy of Finland (1994-97). The main objective of this research was to combine geographical, geological, pedological and biological knowledge in order to gain new understanding of the ecological constraints of agricultural production in the Amazonian lowlands.*



## LISTA DE AUTORES

- PEDRO A. ANGULO RUIZ.** Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Pebas cuadra 5, Iquitos, Perú.
- RONALD BURGA ALVARADO.** Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Pebas cuadra 5, Iquitos, Perú.
- SALVADOR FLORES PAITÁN.** Departamento de Agronomía, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Samanez Ocampo 185, Apartado 496, Iquitos, Perú.
- ELVA GÓMEZ ROMERO.** Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), Apartado 4992, Calle Diecisiete # 355, Urb. El Palomar, San Isidro, Lima, Perú.
- GEORG IRION.** Forshungsinstitut Senckenberg, Abteilung für meeresforschung, Schleussenstrasse 39 A, D-26382 Wilhelmshaven, Alemania.
- RISTO KALLIOLA.** Departamento de Geografía, Universidad de Turku, FIN-20014, Turku, Finlandia.
- SJEF KAUFFMAN.** ISRIC (International Soil Reference and Information Centre), P.O. Box. 353 Wageningen 6700 AJ, Holanda.
- ARI LINNA.** Departamento de Geología, Universidad de Turku, FIN-20014, Turku, Finlandia.
- JOSÉ A. MARENGO.** Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Rodovia Presidente Dutra km 40, 12630-000 Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil.
- RUBEN MARQUINA POZO.** Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), Apartado 4992, Calle Diecisiete # 355, Urb. El Palomar, San Isidro, Lima, Perú.
- SANNA MÄKI.** Departamento de Geografía, Universidad de Turku, FIN-20014, Turku, Finlandia.
- TEDI PACHECO GÓMEZ.** Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Pebas cuadra 5, Iquitos, Perú.
- GOBERT PAREDES ARCE.** Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Samanez Ocampo 185, Apartado 496, Iquitos, Perú.
- LUISA REBATA HERNANI.** Departamento de Geología, Universidad de Turku, FIN-20014, Turku, Finlandia.
- KALLE RUOKOLAINEN.** Departamento de Biología, Universidad de Turku, FIN-20014, Turku, Finlandia.
- MATTI RÄSÄNEN.** Departamento de Geología, Universidad de Turku, FIN-20014, Turku, Finlandia.
- JUKKA SALO.** Departamento de Biología, Universidad de Turku, FIN-20014, Turku, Finlandia.
- TULA TAMARIZ ORTIZ.** Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), Apartado 4992, Calle Diecisiete # 355, Urb. El Palomar, San Isidro, Lima, Perú.
- JOSÉ TORRES VÁSQUEZ.** Rectorado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Sargento Lores 385, Apartado 120, Iquitos, Perú.
- HANNA TUOMISTO.** Departamento de Biología, Universidad de Turku, FIN-20014, Turku, Finlandia.
- ROQUE VARGAS HUAMAN.** Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), Apartado 4992, Calle Diecisiete # 355, Urb. El Palomar, San Isidro, Lima, Perú.
- FRANK WESSELINGH.** Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, POBox 9517, 2300 RA Leiden, Holanda; y Departamento de Biología, Universidad de Turku, FIN-20014 Turku, Finlandia.

*(Todas direcciones son según fecha de realización del estudio)*



## AGRADECIMIENTOS

Los editores y autores del presente libro agradecen todas las numerosas personas e instituciones que han ofrecido su valiosa contribución durante las diferentes fases del desarrollo de esta obra. Queremos mencionar especialmente las siguientes organizaciones y su personal:

Academia de Finlandia (Helsinki)  
CARITAS (Diocesana Iquitos, Vicariato de Iquitos)  
Embajada de Finlandia (Lima)  
Embajada de Perú (Helsinki)  
Explorama Tours (Iquitos)  
Forschungsinstitut Senckenberg (Wilhelmshaven)  
Gobierno Regional de Loreto (Iquitos)  
Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (Iquitos)  
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Iquitos)  
Instituto Nacional de Recursos Naturales (Lima, Iquitos)  
Instituto Nacional Geológico, Mineralógico y Metalúrgico (Lima)  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (São Paulo)  
International Soil Reference and Information Centre (Wageningen)  
Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis (Leiden)  
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Lima)  
Unión Europea (Bruselas)  
Universidad de Turku (Turku)  
Universidad Nacional Agraria "La Molina" (Lima)  
Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (Iquitos)  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima)

Agradecemos también a las siguientes personas por su valiosa contribución en diferentes tareas en relación con el desarrollo de la presente obra: Walter Danjoy, Aldo Gutarra, Pia Lähde, Maarit Puhakka, Francisco Reátequi y Jaana Vormisto. Sanna Mäki preparó la mayoría de los mapas en este libro. Los Capítulos 4, 5 y 12 fueron traducidos de inglés por Luisa Rebata, y el Capítulo 14 por Lizardo Fachín. El libro fue revisado lingüísticamente por Gerardo Mery.

Finalmente, deseamos agradecer a los pobladores y agricultores del área de estudio, por habernos permitido ingresar a sus parcelas para efectuar las investigaciones de campo, por brindarnos su amplio conocimiento y experiencia, y por su amable colaboración.





# CONTENIDO

## PARTE 1: INTRODUCCIÓN GENERAL

<b>1. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>11</b>
<i>Risto Kalliola y Salvador Flores Paitán</i>	
MARCO REFERENCIAL .....	11
FUNDAMENTOS DEL PRESENTE TRABAJO .....	13
ESTRUCTURA DEL LIBRO .....	15
<b>2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE IQUITOS .....</b>	<b>17</b>
<i>Salvador Flores Paitán, Elva Gómez Romero y Risto Kalliola</i>	
INTRODUCCIÓN .....	17
TIPO DE NATURALEZA .....	19
HISTORIA Y DESARROLLO .....	21
Dinámica de población .....	21
Uso de recursos .....	22
USO ACTUAL DE LA TIERRA .....	24
Agropecuaria – Agroforestal .....	24
Forestal y Fauna .....	26
Carretera Iquitos-Nauta .....	28
Investigación, instrumento para el desarrollo .....	30
CONCLUSIONES .....	31

## PARTE 2: FACTORES AMBIENTALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

<b>3. CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA DE IQUITOS, PERÚ .....</b>	<b>35</b>
<i>José A. Marengo</i>	
INTRODUCCIÓN .....	35
ELEMENTOS GENERALES DEL CLIMA .....	36
Promedios climáticos .....	36
Circulación atmosférica .....	39
Precipitación .....	39
Balance hidrológico .....	41
Temperatura del aire .....	44

Humedad atmosférica.....	45
Radiación solar y evapotranspiración potencial.....	45
ANOMALÍAS CLIMÁTICAS.....	46
Características y duración de los Veranillos .....	46
Los "Friagens" .....	48
Impactos del fenómeno El Niño en la Amazonía peruana.....	49
CLIMA Y AGRICULTURA EN LA REGIÓN .....	51
VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LARGO PLAZO.....	52
CONCLUSIONES .....	55
<b>4. GEOLOGÍA Y GEOFORMAS DE LA ZONA DE IQUITOS .....</b>	<b>59</b>
<i>Matti Räsänen, Ari Linna, Georg Irion, Luisa Rebata Hernani, Roque Vargas Huaman y Frank Wesselingh</i>	
INTRODUCCIÓN .....	60
ANTECEDENTES GEOLÓGICOS .....	60
Tectónica y marco estructural .....	60
Unidades geológicas descritas .....	62
MATERIALES Y MÉTODOS.....	63
RESULTADOS E INTERPRETACIONES .....	72
La Formación Pebas (Unidad A) .....	73
La Unidad canalizada de Porvenir (Unidad B).....	78
La Unidad canalizada de Nauta (Unidad C) .....	92
La Unidad de las arenitas de Iquitos .....	100
Depósitos de terrazas fluviales .....	104
EXTENSIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS Y SU EXPRESIÓN GEOMORFOLÓGICA .....	108
Generalidades.....	108
Distinción cronológica dentro de la Formación Pebas.....	111
Distribución de las unidades geológicas .....	113
Geomorfología .....	115
SÍNTESIS.....	121
La evolución paleoambiental del área de Iquitos .....	121
La evolución de los procesos de meteorización.....	125
CONCLUSIONES .....	126
APÉNDICE 4.1. TERMINOLOGÍA GEOLÓGICA.....	128
APÉNDICE 4.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL AFLORAMIENTO "NAUTA 3" .....	136
<b>5. SUELOS DE LA ZONA DE IQUITOS .....</b>	<b>139</b>
<i>Sjef Kauffman, Gobert Paredes Arce y Ruben Marquina Pozo</i>	
INTRODUCCIÓN .....	140
MATERIALES Y MÉTODOS.....	141
Antecedentes de investigación de suelos .....	141
Metodología.....	142



DISTRIBUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS .....	145
Fisiografía y suelos .....	145
Mapas de valores simples.....	148
Relaciones funcionales .....	152
Grupos de suelos de tierra firme .....	155
Clasificación y correlación de los suelos.....	165
Comparación con suelos ubicados fuera de la región de Iquitos .....	168
EVALUACIÓN DE LAS TIERRAS.....	169
Limitantes edáficas .....	169
Utilización sostenible de la tierra y agricultura “ribereña” .....	171
CONCLUSIONES .....	174
APÉNDICE 5.1. UNIDADES Y GLOSARIO.....	177
APÉNDICE 5.2. MAPAS DE VALORES ANALÍTICOS .....	179
APÉNDICE 5.3. BASE DE DATOS DE SUELOS DE REFERENCIA .....	184
<b>6. SUELOS ALUVIALES RECIENTES DE LA ZONA IQUITOS-NAUTA .....</b>	<b>231</b>
<i>Govert Paredes Arce, Sjöf Kauffman y Risto Kalliola</i>	
INTRODUCCIÓN .....	232
MATERIALES Y MÉTODOS.....	233
LLANURAS DE INUNDACIÓN Y DE DESBORDE .....	235
Características generales .....	235
Secuencia o patrones de distribución de geoformas .....	237
Caracterización física y química de los suelos .....	239
Caracterización química.....	241
Relación entre características físicas y químicas .....	243
SÍNTESIS DE LOS SUELOS ALUVIALES .....	245
Características generales.....	245
Clasificación.....	247
USO DE LAS GEOFORMAS .....	247
CONCLUSIONES .....	250
<b>7. VEGETACIÓN NATURAL DE LA ZONA DE IQUITOS .....</b>	<b>253</b>
<i>Kalle Ruokolainen y Hanna Tuomisto</i>	
INTRODUCCIÓN .....	254
MÉTODOS DEL TRABAJO DE CAMPO .....	256
Parcelas de composición florística de árboles .....	256
Transectos de composición florística de pteridófitas y Melastomataceas .....	260
Muestras de suelo .....	261
MÉTODOS PARA LOS ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	261
Imagen de satélite .....	261
Medidas de diferencias y semejanzas entre los sectores de muestreo .....	262
Visualización de las diferencias y semejanzas entre los sectores de muestreo.....	264
Correlaciones entre las matrices de similitud .....	264

RESULTADOS .....	266
Árboles .....	266
Patrones florísticos y ambientales.....	275
Correlaciones con los patrones en la imagen de satélite Landsat TM .....	289
DISCUSIÓN .....	294
Riqueza de especies .....	294
Variación en la composición florística y su conexión con la variación ambiental.....	296
Efecto de la distancia geográfica en las similitudes florísticas.....	297
Efecto de geología en la composición florística .....	299
Comparación de los patrones florísticos entre los diferentes grupos de plantas ..	300
Relación entre imágenes de satélite y composición florística .....	300
Clasificación de los bosques .....	301
CONCLUSIONES .....	302
APÉNDICE 7.1. ESPECIES DE ÁRBOLES.....	304
APÉNDICE 7.2. ESPECIES DE LA FAMILIA MELASTOMATACEAE .....	334
APÉNDICE 7.3. ESPECIES DE PTERIDÓFITAS.....	338
APÉNDICE 7.4. LAS MUESTRAS DE SUELO.....	344

### PARTE 3: USO DE LA TIERRA

#### 8. USO DE LA TIERRA Y PATRONES DE DEFORESTACIÓN EN LA ZONA DE IQUITOS .....369

*Elva Gómez Romero y Tula Tamariz Ortiz*

INTRODUCCIÓN .....	370
DESARROLLO SOCIOECONÓMICO .....	371
Población.....	371
Tenencia y uso de la tierra.....	374
ANÁLISIS DE LA DEFORESTACIÓN .....	378
Métodos del análisis .....	378
Avance de la deforestación.....	380
Patrones de deforestación.....	385
DEFORESTACIÓN Y OTROS RECURSOS .....	386
CONCLUSIONES .....	387

#### 9. EVALUACIÓN DE BOSQUES SECUNDARIOS DE LA ZONA DE IQUITOS .....389

*Tedi Pacheco, Ronald Burga Alvarado, Pedro A. Angulo Ruiz y José Torres Vásquez*

INTRODUCCIÓN .....	389
MÉTODO DE TRABAJO.....	391
Caracterización de los sitios y de las purmas.....	391
Inventario forestal de las purmas .....	391



RESULTADOS .....	397
Composición florística.....	397
Densidad de purmas .....	399
Clasificación de las purmas .....	400
Usos de las especies de purmas .....	403
Valor referencial de las purmas .....	404
DISCUSIÓN .....	405
Composición florística.....	405
Uso de las purmas .....	406
CONCLUSIONES .....	407
APÉNDICE 9.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LAS PURMAS ESTUDIADAS .....	409
<b>10. AGROFORESTERÍA AMAZÓNICA: UNA ALTERNATIVA A LA AGRICULTURA MIGRATORIA.....</b>	<b>417</b>
<i>Salvador Flores Paitán</i>	
INTRODUCCIÓN .....	417
AGROFORESTERÍA TRADICIONAL AMAZÓNICA .....	419
Generalidades.....	419
Agroforestería aborígen amazónica peruana .....	421
Agroforestería de colonos aborígenes amazónicos .....	423
Agroforestería de colonos mestizos .....	424
ESTADO DE AVANCE CIENTÍFICO AGROFORESTAL .....	425
Período hasta 1975 .....	425
Posterior a 1975 .....	426
Desarrollo tecnológico agroforestal exploratorio en la UNAP .....	428
Funcionamiento de los modelos agroforestales .....	430
EN CAMPO DE AGROCULTORES .....	438
CONCLUSIONES .....	439
 <b>PARTE 4: MAPA GEOECOLÓGICO</b>	
<b>11. MAPA GEOECOLÓGICO DE LA ZONA DE IQUITOS Y VARIACIÓN AMBIENTAL .....</b>	<b>443</b>
<i>Risto Kalliola, Kalle Ruokolainen, Hanna Tuomisto, Ari Linna y Sanna Mäki</i>	
INTRODUCCIÓN .....	444
ELABORACIÓN DEL MAPA .....	445
Procesamiento de la imagen de satélite .....	446
Correlación entre características ambientales del bosque y la imagen de satélite .....	447
Soluciones cartográficas.....	448

UNIDADES GEOECOLÓGICAS IDENTIFICADAS .....	450
Áreas inundables .....	450
Áreas de tierra firme .....	452
CONCLUSIONES .....	457

## **PARTE 5: ORIENTACIONES PARA EL DESARROLLO REGIONAL**

### **12. HETEROGENEIDAD EDÁFICA DE LA ZONA DE IQUITOS: ORIGEN Y**

COMPRENSIÓN DE SUS PROPIEDADES .....	461
--------------------------------------	-----

*Ari Linna, Georg Irion, Sjöf Kauffman, Frank Wesselingh y Risto Kalliola*

INTRODUCCIÓN .....	461
PRINCIPIOS BÁSICOS.....	462
Estructuras geológicas en la zona de Iquitos.....	462
Las capas primarias y secundarias .....	464
Geología como base de la heterogeneidad edáfica.....	467
DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES .....	470
Aptitud edáfica .....	470
Contribución de los minerales de arcilla .....	472
Fertilidad de las localidades de los estudios botánicos .....	474
SUMARIO DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS Y LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS .....	475
IMPLICACIONES PARA EL USO DE LA TIERRA .....	478
CONCLUSIONES .....	479

### **13. USO DE ESPECIES INDICADORAS PARA DETERMINAR CARACTERÍSTICAS**

DEL BOSQUE Y DE LA TIERRA .....	481
---------------------------------	-----

*Hanna Tuomisto y Kalle Ruokolainen*

INTRODUCCIÓN .....	482
LA TEORÍA Y LOS ESTUDIOS ECOLÓGICOS.....	483
COMO ELEGIR LAS ESPECIES INDICADORAS .....	484
RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DE ESPECIES INDICADORAS .....	486
LIMITACIONES.....	489
CONCLUSIONES .....	490

### **14. POTENCIALIDAD DE USO DEL RECURSO BIODIVERSIDAD EN LORETO ...493**

*Jukka Salo y José Torres Vásquez*

INTRODUCCIÓN .....	493
DIVERSIDAD BIOLÓGICA EN LORETO .....	495
CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA.....	496
El Enfoque.....	496
CBD en el contexto global.....	496
Metodología propuesta por la PNUMA .....	498



Implementación del CBD en el Perú .....	499
Evaluaciones de manejo de biodiversidad .....	503
Evaluación de la biodiversidad.....	504
USO SUSTENTABLE DE LA BIODIVERSIDAD EN LORETO .....	505
Productos de madera .....	505
Productos no maderable tradicionales.....	508
Plantas y peces ornamentales.....	511
CONCLUSIONES .....	511

## **PARTE 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES GENERALES .....	515
RECOMENDACIONES GENERALES .....	517

## **PARTE 7: BIBLIOGRAFÍA**

BIBLIOGRAFÍA .....	523
--------------------	-----



# PARTE 1

## INTRODUCCIÓN GENERAL







# CAPÍTULO 1

## PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

Risto Kalliola y Salvador Flores Paitán

---

### RESUMEN

El ámbito del presente estudio presenta, como un muestreo a pequeña escala, diversos aspectos de la temática ambiental que caracteriza el desarrollo Amazónico. La zona estudiada contiene bosques húmedos tropicales de alta biodiversidad, que aún están en su mayoría en el estado natural. Por otro lado, grandes áreas de esta región han sido modificadas por diferentes actividades humanas, y por el momento la presión de colonización sobre los bosques es bastante fuerte, evidenciado por construcción de nuevas carreteras y planes de desarrollo. Se describe en el presente capítulo los esfuerzos científicos que forman la base del presente libro, y además está incluida una breve introducción del contenido de la presente publicación, incluyendo una descripción de la política editorial seguida en su compilación.

### MARCO REFERENCIAL

En los ecosistemas tropicales húmedos, el bosque es el tipo más estable de vegetación con funciones importantes en la protección de los recursos edáficos, hídricos, valores escénicos y mantenimiento de los recursos genéticos de la biodiversidad animal y vegetal. Paradójicamente, por desconocimiento, las presiones del desarrollo económico, que consideran al bosque como un obstáculo, han perturbado la naturaleza frágil de éstos ecosistemas hasta niveles que ponen en riesgo su existencia.

Es obvio que los ecosistemas amazónicos deben ser explotados de alguna manera, y lo racional será utilizarlos de tal forma que éstos puedan renovarse y reproducirse. Sin embargo, aún no se ha generado suficiente conocimiento científico para formar la base de este tipo de desarrollo, debido a vastedad y aislamiento del territorio, y a la enorme cantidad y variabilidad de recursos edáficos, hídricos, flora, fauna y ecosistemas que alberga. El escaso interés político en desarrollar la Amazonía sobre un fundamento científico y la visión simplista de los bosques Amazónicos como fuente inagotable de flora y fauna, han resultado en una ocupación arbitraria por colonización de las tierras, de una manera que no es apta ni para el ambiente ni para la economía local, especialmente en el largo plazo.

*En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114: 11-15.*

Para confrontar este problema es importante mejorar el conocimiento científico en todos los campos. La mejor estrategia debe orientarse al acopio de la información disponible y al desarrollo de investigación científica prioritaria (básica y aplicada) y poner los resultados a disposición de aquellos que tienen la responsabilidad de tomar decisiones sobre el desarrollo regional y el manejo de sus recursos naturales.

Los fundamentos de este libro contribuyen a esta necesidad. El libro fue elaborado con el propósito de generar un nuevo entendimiento acerca de los factores ambientales que tienen importancia con relación al desarrollo sostenible en la zona de Iquitos, en el noreste del Perú. Esta zona se caracteriza por selvas tropicales que albergan más especies de plantas y animales que casi en ninguna otra parte del mundo. Además, concentra la mayor población del ámbito amazónico peruano, con una alta tasa de crecimiento, razón por la cual la presión de colonización en los bosques circundantes es bastante fuerte. Estos factores constituyen la causa que la zona de Iquitos sea justamente un lugar donde las palabras de la gente y la realidad ambiental fácilmente se confrontan.

Siendo así, el ámbito del presente estudio puede ser interpretado como un muestreo a pequeña escala de la temática que caracteriza en general el desarrollo Amazónico. La zona estudiada contiene, hasta la fecha, bosques húmedos tropicales que aún están en su mayoría en el estado natural. Por otro lado, grandes áreas de esta región han sido influenciadas por diferentes actividades del hombre durante miles de años, siendo los cambios durante el último siglo especialmente fuertes y contrastantes. Aún hoy, dentro de éste espacio geográfico, conviven tanto poblaciones que aún continúan ejerciendo sus prácticas tradicionales de uso de los recursos naturales, como proyectos que representan aportes modernos para facilitar el desarrollo rural, que introducen en poco tiempo grandes cambios en la cobertura vegetal de la zona.

Durante el último siglo el desarrollo de Iquitos se ha caracterizado por una serie de ciclos de "boom" económico, desde la explotación del caucho y jébe hasta el petróleo. Actualmente parece que una nueva actividad del desarrollo regional es la colonización de tierras no inundables para fines agropecuarios. Especialmente la construcción de una nueva carretera entre las ciudades Iquitos y Nauta, propicia que muchas áreas, que anteriormente eran bosques lejanos, hoy en día estén confrontando presiones de colonización y deforestación. Siendo así, la nueva carretera es una vía que introduce muy fuertes cambios hacia aquellas áreas que anteriormente permanecieron vírgenes, especialmente en el ámbito no inundable.

Por esta razón, tratamos en el presente libro principalmente el ambiente de paisaje no inundable (tierra firme), que presentan un alto riesgo de ser utilizado de una manera no sostenida. Los paisajes inundables son tratados con menor profundidad en el presente libro, aunque son obviamente estos ecosistemas, especialmente por su vecindad al río Amazonas, que presentan un mayor potencial para el desarrollo de, por ejemplo, producción forestal y agropecuaria. Sin embargo el paisaje inundable también presenta sus propias restricciones, por ejemplo riesgos de inundación y erosión.

Se debe enfatizar que uno de los mayores objetivos de este libro es llamar la atención sobre la presencia de variaciones ambientales muy pronunciadas dentro



de la zona de Iquitos, y que por lo tanto, el uso de la tierra tiene que ser adaptado a éstas variaciones, para que sean máximamente sostenibles. Es realista, que las presiones por utilizar tierras vírgenes circundantes a un centro poblado mayor, como Iquitos, se van incrementar. En esta situación, es bastante importante planificar bien el uso de la tierra para soportar su provecho adecuado. Más bien, sugerimos que es más importante intensificar la utilización de las mismas tierras y con mayor duración, que basar el desarrollo en el uso temporal de las tierras, tales como la agricultura migratoria. Cuanto más prolongado sea el tiempo del uso de las tierras, más disminuirá la presión para deforestar cada vez bosques vírgenes.

Los autores de los capítulos en el presente libro, representan diferentes disciplinas académicas, desde geología, pedología, meteorología, geografía y biología hasta agronomía e ingeniería forestal. Por lo tanto, el libro se constituye en una fuente de información de carácter multidisciplinario, y además, es aportador de un enfoque experimental metodológico en la búsqueda de nuevas soluciones para realizar una evaluación y mapeo ambiental dentro del llano Amazónico. Sin embargo, el presente trabajo es más que todo un aporte científico, que evidencia la magnitud y complejidad del entendimiento de los ecosistemas amazónicos y de la necesidad de mayor esfuerzo investigativo para completar su comprensión. Por lo tanto, es mas bien orientador de nuevos estudios, y no puede ser utilizado como una guía para hacer decisiones irreversibles del uso de la tierra, las que tienen que sustentarse en inventarios más detallados y realizados a mayor escala.

## FUNDAMENTOS DEL PRESENTE TRABAJO

Los fundamentos de esta obra se basan en dos tipos de antecedentes. En primer lugar, todos los autores del presente libro tienen una experiencia prolongada en la realización de estudios científicos dentro del área de estudio. Esto ha servido como una base fija para realizar un estudio que no sea un inventario superficial, sino que se constituya en un mayor aporte científico, en el que se concentran observaciones y resultados de las investigaciones realizadas en varias partes de la zona de estudio durante más de una década.

El otro fundamento, es la participación colaborativa de éstos científicos, dentro de un proyecto multidisciplinario titulado "Estudio integrado de las propiedades de tierra, sus indicadores florísticos y los sistemas agrícolas apropiados en un centro de alta biodiversidad en la Amazonía peruana" (*An integrated study of land properties, their floristic indications and appropriate farming systems in an acknowledged biodiversity center in Amazonian Peru*). Este proyecto (años 1993-1998) fue financiado por la Unión Europea y por la Academia de Finlandia, y los instituciones que participaban son La Universidad de Turku (PAUT, Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku, Finlandia), Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP, Perú), Instituto Nacional de Recursos Naturales (Inrena, Perú), ISRIC (International Soil Reference and Information Centre, Holanda) y Forschungsinstitut Senckenberg (Alemania).

El objetivo principal en este estudio fue integrar el conocimiento actual de diversas disciplinas académicas en búsqueda de nuevos métodos para evaluar ca-

racterísticas del medio ambiente amazónico. Siendo así, el estudio no debe ser interpretado como un inventario completo de la zona, sino más bien como un estudio experimental para encontrar nuevos puntos de vista para los futuros inventarios que se van a realizar dentro del llano amazónico.

En términos prácticos, este estudio se realizó como un proceso de interacción intensiva entre investigadores de ciencia fundamental y aplicada. Las investigaciones antes mencionadas intentaban ganar la comprensión de la variación en las condiciones ambientales y de la flora, mientras que los estudios aplicados intentaron examinar patrones y métodos del uso de la tierra. Juntando informaciones de diversos campos científicos se intentó entender las razones de la existencia de diferentes tipos de suelos y ecosistemas en la zona, y evaluar los patrones y potencialidades de su utilización.

El uso de las imágenes de percepción remota desempeñó un papel central en todas las fases del trabajo. Sirvieron como la base principal para la interpretación de las características del paisaje, y además como una fuente importante de información para distinguir unidades naturales dentro de la zona de estudio. Los rasgos que son distinguibles en estas imágenes típicamente representan una combinación de características de geomorfología, vegetación y uso de la tierra. Aunque algunas características pueden ser algo fáciles de interpretar visualmente, una gran parte de ellas sólo pueden ser interpretadas correctamente a través de la ejecución de estudios en el lugar.

Por esta razón, una tarea importante en el presente estudio fue realizar estudios de campo en diferentes lugares del área de estudio, dirigidos según patrones interpretados en las imágenes de satélite. Diferentes lugares de estudio fueron analizados intensivamente por diversos equipos científicos, para determinar características de sus suelos, flora y utilización de la tierra. Muchos de estos estudios fueron dirigidos a lugares que presentaban características especiales según la investigación de gabinete de las imágenes de percepción remota, y muchas veces estos sitios fueron visitados una vez por especialistas de diferentes disciplinas académicas. Esto hizo posible discutir, cómo interpretar las características observadas, con la intención de integrar puntos de vista de diferentes campos científicos.

La preparación del "Mapa Geoecológico de la Zona de Iquitos, Perú", que presentamos como anexo del presente libro, fue una de las principales tareas durante todas las fases de trabajo. Aunque es un producto cartográfico basado en la investigación de tres años por un equipo internacional y multidisciplinario (ver arriba), es un producto bastante tentativo enriquecido con diferentes características paisajistas de la zona. Por ésta misma razón, hemos utilizado en este mapa, las soluciones cartográficas que son máximamente transparentes, para indicar claramente que el estudio realizado hasta ahora no es completo ni fijo. Todavía quedan por realizar estudios más detallados en la zona, antes que el entendimiento científico sea suficiente, para facilitar decisiones fijas de uso de la tierra, tales como aportes de zonificación a escala regional y local.



## ESTRUCTURA DEL LIBRO

El presente libro presenta una síntesis en castellano sobre el conocimiento científico actual, de la historia natural y algunas etapas de desarrollo en la zona de Iquitos. Representado varias disciplinas académicas, los autores en sus capítulos pueden tener diferentes puntos de vista con relación a lo observado. Los Editores han adoptado la política, que en ciertas situaciones puede ser valiosa, que los lectores puedan comparar los puntos de vista de diferentes autores y así apreciar que el avance científico no es algo unidireccional ni determinado. Es muy típico, para el desarrollo de teorías científicas, que no exista una sola interpretación de la realidad, sino que sea necesario un diálogo entre personas que sustenten teorías diferentes, para facilitar el avance del pensamiento científico en general.

El libro está dividido en cinco partes. La primera parte es introductoria para todo el trabajo. La segunda parte, contiene descripciones muy detalladas de los factores ambientales en la zona de estudio. La tercera parte, se concentra en los aspectos de uso de la tierra. La cuarta parte, presenta el Mapa Geoecológico. En la quinta parte, se incluyen artículos que intentan formar una imagen integrada de la zona, tanto de su entendimiento científico como referidos a los aspectos del uso de los recursos naturales y la potencialidad de uso de la biodiversidad. Finalmente, presentamos, en forma corta, las mayores Conclusiones y Recomendaciones de todo el estudio. El Mapa Geoecológico de la Zona de Iquitos, Perú se incluye como anexo para todo el libro. Además, algunos Capítulos presentan sus propios apéndices con documentaciones especializadas de su propia temática.

Especialmente en la parte 2, los capítulos exponen datos muy básicos del campo y de laboratorio. Consideramos que una presentación de este tipo de informaciones es importante especialmente para aquellos lectores que tienen interés en estudiar y entender las características tratadas detalladamente, y posiblemente llevar a cabo sus propias interpretaciones y estudios en el campo. Por otro lado, estas descripciones pueden causar que la lectura de algunos artículos resulte bastante pesada. Con el propósito de facilitar a todos los lectores la asimilación de las principales observaciones, recomendamos que se analicen, por lo menos, los Resúmenes y Conclusiones de cada Capítulo, y además las Figuras y Tablas que puedan ser consultadas según el interés particular de ellos. Para aquellos que no están familiarizados con estudios científicos, puede ser más fácil la lectura de los capítulos 12 y 13 antes de concentrarse en detalles de los capítulos 4, 5, 6 y 7.

El tema dominante en todo el libro consiste en recalcar que la región está caracterizada por una riqueza de diferentes tipos de paisaje, y que su distribución, dinámica y potencialidad de su uso, pueden ser únicamente bien entendidos, mediante la comprensión de los factores ambientales que han influenciado en su desarrollo. Nuestra percepción final es que la zona de Iquitos, con profundización del conocimiento de su ambiente, presenta opciones de sustentabilidad que permiten vislumbrar la estabilización de las familias y un desarrollo socioeconómico armonizado con la naturaleza.





# CAPÍTULO 2

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE IQUITOS

Salvador Flores Paitán, Elva Gómez Romero y Risto Kalliola

---

### RESUMEN

Se suministra una visión general que enmarca el ámbito geográfico del estudio, mediante información sumaria disponible, la que integra el medio ambiente, sus limitaciones y potencialidades, con la dinámica de intervención humana desde la época hispánica hasta nuestros días. Se mencionan los efectos negativos de la explotación y uso irracional de los recursos naturales y su repercusión en la calidad de vida de la población; también se hace referencia a la normatividad ambiental relevante que regula la utilización racional y sostenida de los recursos naturales y sus limitaciones de aplicación. Se aborda la historia de la construcción de la carretera Iquitos-Nauta, señalando las motivaciones y el proceso de su ejecución hasta la fecha actual y sus implicancias en el área de su influencia y las repercusiones en el desarrollo regional. También se hace un breve análisis sobre el uso actual de la tierra en las diferentes actividades productivas y se complementa con datos meteorológicos e hidrológicos que evidencian, en su conjunto, las limitaciones naturales y los riesgos de un uso no sostenido por desconocimiento de su verdadero potencial. Finalmente se citan los estudios más relevantes ejecutados y se indican las instituciones de investigación y desarrollo localizadas en el área.

### INTRODUCCIÓN

El ámbito de estudio que concentra la investigación del presente libro, abarca una superficie cuya extensión es de 830 132 ha, y está localizada entre los meridianos 72°50' y 73°40' de Longitud Oeste y los paralelos 3°34' y 4°53' de Latitud Sur (Figura 2.1). El área esta situada en la parte nororiental del Perú, en la región natural denominada selva baja u omagua. Desde el punto de vista político comprende parte de las provincias de Loreto y Maynas, del Departamento de Loreto, que conforman la Región Loreto, el espacio territorial más extenso del Perú, que cubre una extensión de 368 852 km<sup>2</sup>, lo que representa el 28,7 % del territorio nacional.

Los mayores centros poblados en el área de estudio lo constituyen la ciudad de Iquitos, Capital de la Provincia de Maynas y Capital del Departamento de Loreto, y la ciudad de Nauta, Capital de la provincia de Loreto, ambas en conjunto totalizan

*En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114: 17-32.*

una población estimada en 1996 de 331 363 habitantes, correspondiendo a la ciudad de Iquitos el 95,7 % y a la ciudad de Nauta el 4,3 %. La tasa de crecimiento promedio poblacional entre 1981-1993 fue de 3,6 % en el ámbito de Iquitos, 6,8 % en el ámbito de Nauta y de 7,4 % en la población asentada en el eje de la carretera Iquitos-Nauta (SEGECO 1997).

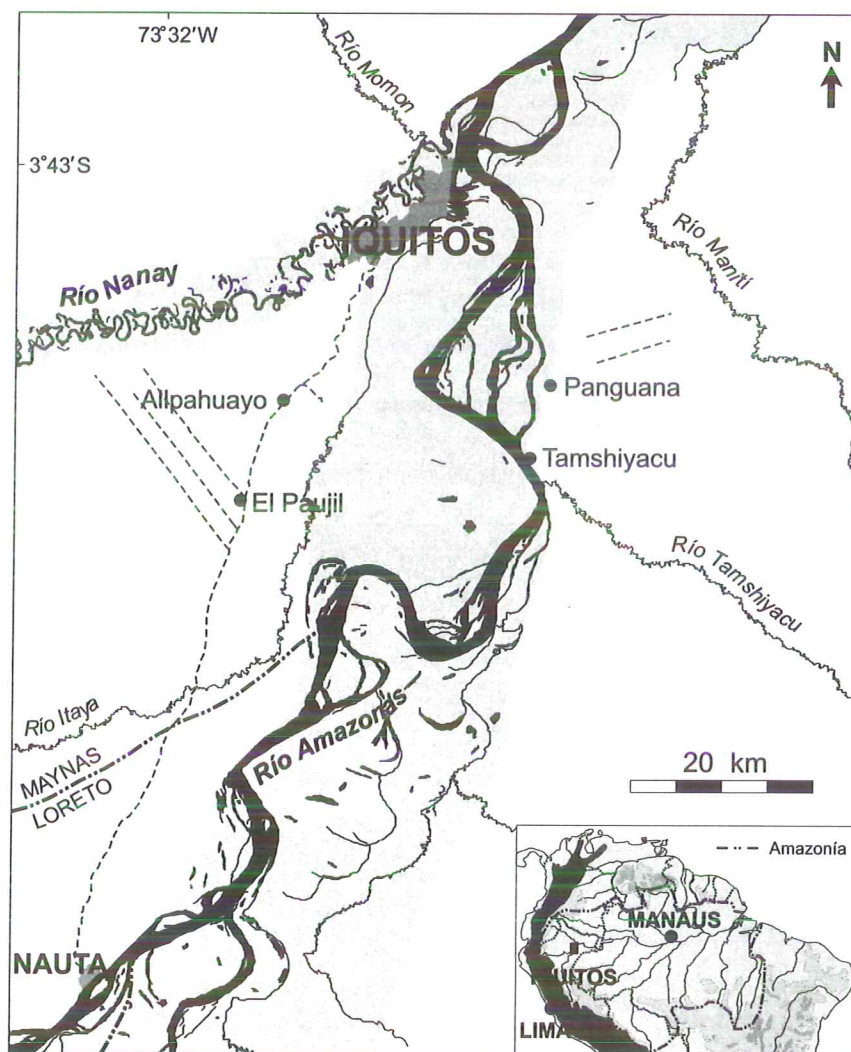


Figura 2.1. Mapa base del área de estudio y su ubicación en el llano Amazónico.



Las principales vías de comunicación fluvial lo constituyen los ríos Marañón, Amazonas, Nanay e Itaya. Los pobladores de los caseríos ubicados cerca a las orillas de los principales ríos, utilizan este medio con cierta frecuencia para transportar sus productos. La desventaja de esta vía es la irregularidad del servicio y la larga travesía que deben soportar hasta llegar a Iquitos, el mercado principal para la comercialización de sus productos agrícolas. La principal vía terrestre, es la Carretera Iquitos-Nauta; que a inicios de 1998 estaba asfaltada partiendo de Iquitos hasta las proximidades del río Itaya; y partiendo de la ciudad de Nauta tenía más de 15 km de carretera carrozable.

El objetivo del presente capítulo, es presentar una breve introducción a las características generales en la zona de estudio, principalmente en base a revisión de la literatura, con el propósito de suministrar a los lectores, una imagen del ámbito dónde se han realizado los estudios del presente libro. Es preciso referir, que mucho de los aspectos aquí tratados, se analizan detalladamente en los siguientes capítulos del libro y se complementan con la información resultante de las investigaciones realizadas por el equipo multidisciplinario en el ámbito de estudio.

## TIPO DE NATURALEZA

La zona de estudio, es representativa del llano Amazónico, particularmente de la zona subandina de esta región. En el nivel de biomasa, está comprendida en la Provincia Biogeográfica Amazónica Tropical; y en el nivel de ecosistemas, predomina la zona de vida Bosque Húmedo Tropical (bh-T), con precipitaciones promedios anuales superiores a 2400 mm y temperatura media mensual superior a 24°C (ONERN 1976, CDC-UNALM 1991). De acuerdo al mapa climático del Perú, el área de estudio se encuentra dentro del tipo de clima A(r)A'H4, que se caracteriza por ser muy lluvioso debido a la intensidad y distribución de las precipitaciones durante el año, mientras que la humedad relativa, a lo largo del año, varía entre 82 y 86 % (ver el Capítulo 3).

La heterogeneidad geológica, geomorfológica y pedológica es muy grande, como efecto de los procesos desde el Paleozoico hasta el presente (ver los Capítulos 4 y 12). La red hidrográfica en el ámbito del estudio es bastante densa y está compuesta por ríos y quebradas, como el Amazonas, Marañón, Ucayali, Nanay, Itaya, Tamshiyacu, Momón, y Manítí, entre otros, que son utilizados como medios de navegación y transporte, y en pequeña escala, como fuentes de agua para satisfacer las necesidades primarias de las comunidades asentadas en la zona. De estos ríos, la llanura meándrica del río Amazonas es bastante compleja, dinámica y cambiante (Kalliola *et al.* 1992, García & Bernex de Falen 1994, Tuukki *et al.* 1996). También las características físicas y químicas de las aguas en los ríos son variables y existen numerosos lagos de distinto origen y de características muy variables.

Los suelos inundables por el río Amazonas son de buen potencial productivo, sin embargo presentan limitaciones de riesgos de inundación. En cambio, los suelos inundables por el río Nanay son ácidos y con baja concentración de nutrientes (Kalliola *et al.* 1993b). Los suelos de altura son muy variados, con predominio de Ulti-

soles ácidos y desprovistos de nutrientes, asociados con Entisoles dístricos (Arenosoles), Spodosoles, Inceptisoles, Alfisoles e Histosoles (Sánchez & Buol 1974, Flores 1977, ONERN 1975 y 1982, INIPA 1983; Capítulos 5 y 6).

De acuerdo al Mapa de Clasificación de las Tierras del Perú (ONERN 1981), en el área de estudio predominan las tierras con aptitud para la producción forestal de calidad agronómica alta, con limitaciones relacionadas a la erosión. En menor proporción se encuentran tierras de calidad agronómica baja con limitaciones por drenaje, y también se encuentran áreas aptas para pastos y cultivos permanentes de calidad agronómica media, con limitaciones de suelo y erosión. En ambas riberas a lo largo del río Amazonas se encuentran tierras de protección asociadas con aquellas de aptitud para la producción forestal y cultivos en limpio de calidad agronómica media y baja, presentando limitaciones de suelo e inundaciones periódicas.

El Perfil Ambiental del Perú (ONERN 1986) determina que gran parte del área de estudio está considerada dentro de un área ambiental crítica, la que presenta desequilibrios manifiestos debido a la alteración combinada de los asentamientos humanos (calidad de vida) y los recursos físico-biológicos (agua, suelo, fauna). Esta alteración está relacionada con el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias en aquellas tierras mayormente aptas para la producción forestal. En el Mapa Geoecológico de selva baja de la Amazonía peruana (Räsänen *et al.* 1993b), la zona de Iquitos consta de las siguientes categorías del ambiente: Relieve disectado en el noroeste de la selva baja, Terrazas aluviales pleistocénicas; Cuencas inundadas; Llanuras meándricas; y Vegetación pantanosa.

La cubierta vegetal está constituida por un bosque perennifolio siempreverde, que alberga muchas especies vegetales y de la fauna. Estos bosques son mundialmente famosos por que en algunos lugares, como en Mishana y Allpahuayo, se concentra una gran diversidad de plantas y animales (Gentry 1988a,b). En la zona de estudio existen hábitats específicos tales como los "varillales" y "chamizales" que se encuentran en arena blanca, y que albergan un gran número de especies vegetales y animales únicas (endémicas), con un alto valor de conservación biológico (Tuomisto *et al.* 1995, IIAP 1996; Capítulo 7). Igualmente, en el ámbito de Iquitos se ha registrado la mayor diversidad de especies frutales nativas amazónicas y bosques con alto potencial económico (Peters *et al.* 1989, Vásquez & Gentry 1989, Vásquez 1989; Capítulo 13).

El Mapa Forestal del Perú de Malleux (1975), identifica para la zona 5 unidades predominantes que son: Bosques de colina de clase I y II, que encontramos en los alrededores del río Momón y en el tramo inicial del río Itaya; Bosques aluviales de clase II y III, localizados en el área de influencia de los ríos Amazonas, Marañón, Itaya, Manít y Tamshiyacu; y por último Aguajal, que se encuentra en una zona de la margen izquierda del río Amazonas, a la altura de la localidad de Bellavista.

El Mapa Forestal del Perú más reciente (INRENA 1996), identifica en nuestro ambiente de estudio las siguientes unidades: Bosque húmedo de colinas bajas que predomina en áreas no inundables; Bosque húmedo de terrazas medias; Bosque húmedo de terrazas bajas; y Bosque húmedo de llanuras meándricas, y Aguajales, o sean grandes rodales puros de la palmera "aguaje" (*Mauritia flexuosa*). El mismo documento ha identificado una gran extensión de áreas deforestadas, destinadas a la agricultura, ganadería, centros poblados, carreteras y otros.



La deforestación, consecuencia de la agricultura migratoria no tradicional, afecta significativamente las áreas contiguas a la carretera, vías de penetración transversales carrozables y áreas contiguas a las riberas de los principales ríos, con caracteres de irreversibilidad en las tierras no aptas para las actividades agropecuarias, especialmente las tierras de arenas blancas que son de conservación. El bosque secundario está compuesto por especies heliófilas pioneras, entre estas destacan el cetico (*Cecropia* sp.), la uvilla (*Pouroma* sp.), el atadijo (*Trema micrantha*), la topa (*Ochroma lagopus*), la huamanzamana (*Jacaranda copaia*), el zancudo caspi (*Alchornea triplinervia*), la pichirina (*Vismia* sp.), el rifari (*Miconia* sp.) y la ocuera (*Vernonia* sp.) entre las más comunes. Hasta el momento, se ha dado poco énfasis al estudio de los procesos de regeneración de los bosques; así como en lo que ocurre en las áreas deforestadas y su relación con los aspectos físicos, sociales y económicos del área (ver el Capítulo 9). Recientemente se ha despertado interés por los impactos ambientales en el área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta (SEGECO 1997).

## HISTORIA Y DESARROLLO

### DINÁMICA DE POBLACIÓN

Estudios sobre la Amazonía (San Roman 1994, Pennano 1988, Club Loreto 1992), refieren que en el año 1729 se fundó el primer núcleo misionero en el Itaya, entre Yameos e Iquitos. En el año 1736 aparecen registrados tres caseríos en el Itaya. Uno de ellos, el situado en un elevado barranco en la margen izquierda del Itaya, cerca de su desembocadura al río Amazonas, el que recibió posteriormente el nombre de Iquitos. La historia regional señala que Iquitos nunca tuvo fundación republicana. En 1842, cuando fue elevado a la categoría de distrito, ya contaba con una población de 200 habitantes. Antonio Raymondi, en su primer viaje en 1853, refiere una población de 400 habitantes. Hasta esta época el puerto de Nauta constituía el centro más importante en la zona; sin embargo, debido a la formación de grandes playas en Nauta, Iquitos fue seleccionada como foco de desarrollo. El Censo Poblacional de 1876 refiere 61 125 habitantes para Loreto, correspondiendo a Iquitos 1475 habitantes, totalizando 2859 habitantes con la inclusión de Tamshiyacu y la zona rural de Iquitos.

El crecimiento rápido de la ciudad tuvo lugar en la época de explotación del caucho, a partir de los últimos decenios de los 1800. El siglo XX significó para la zona de Iquitos una época de fuertes cambios, en su mayoría relacionados con los principales ciclos económicos. Sin embargo el crecimiento poblacional ha sido muy rápido: el número de habitantes alcanzaba 14 000 en 1903, y según el censo agropecuario noventa años después (1993), la población de la ciudad de Iquitos era 305 514 habitantes.

La población estimada en el área de influencia de la Carretera Iquitos-Nauta en 1993 totalizaba 355 379 habitantes. El crecimiento poblacional en esta zona, estimado a una tasa de crecimiento promedio anual de 3,4 %, se proyecta en 568 774 ha-

bitantes para el año 2010 (ver el Capítulo 8). Es previsible una mayor presión sobre el medio natural y sus funestas consecuencias.

## USO DE RECURSOS

En diversas fuentes históricas sobre la Amazonía (San Román 1994, Pennano 1988), se relata que a la llegada de los europeos al Amazonas en el Siglo XVIII, los Omaguas y otros nativos usaban el caucho (*Castilla ulei*) y el jebe (*Hevea brasiliensis* y *Hevea guianensis*) para confeccionar pelotas de uso en sus juegos y jeringas de goma. En el Siglo XIX, se inicia la comercialización en pequeña escala del caucho y del jebe, a los mercados europeo y estadounidense, incrementándose la demanda con el descubrimiento del proceso de vulcanización, de miles de kilos en 1835 a cientos de miles de kilos. En 1853 se registra una exportación de 5565 kg y en 1870 de 58 584 kg.

En 1853 se registra la exportación de 11 662 kg de zarzaparrilla (*Smilax officinalis*), 1835 kg de corteza de quina (*Cinchona* sp.), además de otros productos como sombreros de paja (*Philodendron* sp.), hamacas de chambira (*Astrocaryum chambira*), copal (*Dacryodes peruviana*, *Protium* sp.) y pescado seco salado, entre otros. En 1884, en la era "cauchera", la exportación se incrementó: 540 529 kg de goma elástica (distintas variedades); y además corteza de quina o cascarilla, zarzaparrilla, aceite de copaiba (*Copaifera multijuga*), tagua ó marfil vegetal (*Phytelephas macrocarpa*), cueros de venado, sombreros de paja, coca (*Erythroxylum coca*) y otros. Las exportaciones de goma en 1900 superaron las dos mil toneladas.

En 1910 las exportaciones de caucho y jebe (fino y débil), sobrepasaron en total los 4 millones de kg. La gran demanda de estos productos, elevó sus precios a niveles astronómicos. En aquella época, la exportación de gomaes silvestres de la Amazonía estaba amenazada por la producción de goma en las plantaciones de Malasia, Birmania, India, Indochina y Africa. En 1918 se originó la crisis cauchera, como consecuencia de la debacle económica, social y política ocasionada por la Primera guerra mundial, que finalizó el referido año, concluyendo la época de las libras de oro peruanas o libras esterlinas, retirándose de circulación las monedas de oro en el Perú y sustituyéndolas con billetes.

En 1920 se diversifica la producción loreana para la exportación y se desarrollan otras actividades en el ramo de la explotación forestal, además que se incrementan los sembrados de algodón, café cultivos diversos de granos, frutas y hortalizas. En síntesis, se trataba de recuperar la capacidad productiva de alimentos que había sido sustituida por la importación en épocas de abundancia económica; y con la exportación de café y algodón, se trataba de captar divisas que eran escasas.

Los ingenios azucareros desarrollados con anterioridad, continuaron funcionando. En varios fundos gomeros, eran implantados pastizales y plantales de ganado vacuno, financiados con la explotación del jebe fino, que continuaba produciéndose en cantidad limitada y era exportado en cajas de madera fina de cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*), embalajes con valor superior al precio que se pagaba por la goma que contenía, situación que propició la explotación selectiva de éstas especies para el mercado externo. A la explotación de made-

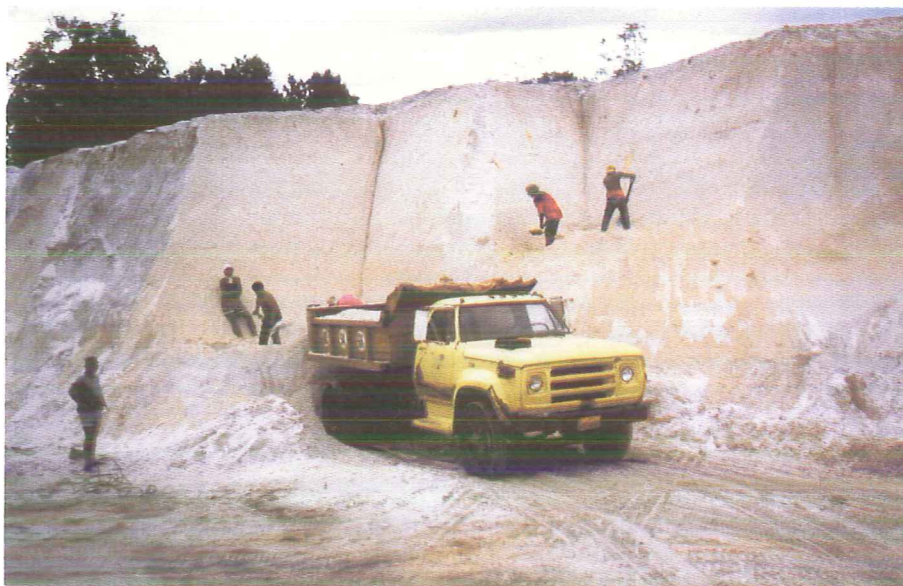


ra para exportación, se incrementa la salida de cueros y pieles de animales silvestres, tagua o marfil vegetal, palo de rosa, leche caspi y balata, a precios que apenas compensaban el costo de extracción, la manipulación y los fletes de alto costo.

En los años treinta, tiene su auge la explotación del polvo de oro aluvial, inicialmente en el lecho del río Negro, afluente del río Pachitea. Más tarde, en esta misma cuenca, se halló petróleo, dando inicio a la era de la explotación de hidrocarburos en la selva peruana. Como consecuencia de estas actividades, el estado tuvo una política de desarrollo de la selva baja, que ha conllevado, por ejemplo, a la lotización de la selva con fines de prospección. Llevado por el "boom" de estas economías, y conjuntamente con el dinero del narcotráfico, abrieron el territorio amazónico en la última parte del XX siglo para un desarrollo rápido, con muchas inversiones en los centros de crecimiento, particularmente en la ciudad Iquitos. Junto con el crecimiento poblacional, estas tendencias han causado que los bosques de la zona hayan confrontado un aumento de presión para su utilización, particularmente para la producción forestal y agrícola.

Actualmente existen muchas presiones para controlar el uso de los recursos naturales, de modo que el impacto ambiental permanece a un nivel aceptable. Por ejemplo, el proceso de zoneamiento de las selvas amazónicas en general, y del ámbito de la carretera Iquitos Nauta en particular, están actualmente en marcha. En esta obra se trata el uso de diferentes recursos materiales, desde el manejo forestal y diferentes sistemas agropecuarios hasta el uso de las arenas blancas cuarzíticas para la construcción de carreteras y cemento (Figura 2.2).

La legislación peruana, a través de diferentes dispositivos legales en el tiempo, ha normado y reglamentado la utilización de los recursos naturales renovables y no renovables del país, orientando su racional utilización y conservación. También se crearon algunos instrumentos legales, como el Canon Petrolero para beneficio del desarrollo de las áreas fuente del recurso y el Canon de Reforestación, como estrategia en la reposición del recurso forestal extraído. El compendio de la legislación ambiental más relevante registra un total de 105 normas promulgadas hasta octubre de 1997 (INRENA-DGMAR 1996, Campos 1997, El Peruano 1997). Entre los principales dispositivos legales, se han promulgado La Constitución Política del Perú, vigente desde 1993; el Código del Medio ambiente y los Recursos Naturales (1980), Ley N° 26410 de 1994 que creó el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM); Ley N° 26793, que crea el fondo nacional del ambiente; El Reglamento de organización y Funciones del CONAM (1997); Ley N° 26839 de junio de 1997, sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad, que norma la conservación de la diversidad biológica y la utilización de sus componente; y la Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos Naturales, Ley N° 26821 de junio de 1997, que norma el régimen de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Aún están en estudio la nueva Ley Forestal, actualizada y armonizada con el Código del Medio ambiente y otras normas ambientales relacionadas. Si bien se dispone de abundante normatividad ambiental, su incumplimiento y falta de aplicación de sanciones, restringen su efectividad.



**Figura 2.2.** Los lugares dónde abundan las arenas blancas son importantes fuentes de arena en la región, que puede ser utilizada para construcción de carreteras y ciudades. Peña-negra, enero de 1996. (Foto: ISRIC/Kauffman).

## USO ACTUAL DE LA TIERRA

### AGROPECUARIA – AGROFORESTAL

Según las Estadísticas e Informes Oficiales de la Dirección Regional de Agricultura de Loreto (DRAL/AAM 1996), en la Provincia de Maynas, existen 20 428 unidades agropecuarias que abarcan un área de 238 719 ha en uso. Iquitos concentra el 85,5 % de las unidades agropecuarias existentes y el 89,7 % de la superficie explotada (214 049 ha).

En éste ámbito, la agricultura es la fuente principal de ingresos y ocupación de más de 100 000 personas; está caracterizada por su limitado desarrollo, que presenta bajos niveles de producción y productividad y está orientado básicamente al autoconsumo y al abastecimiento interno. Los principales cultivos anuales son plátano, yuca, arroz y maíz. Las producciones logradas en las tierras fértiles inundables, son bastante buenas; sin embargo son transitorias e inestables. En los suelos de altura, de suelos de limitada fertilidad natural, la producción es baja, con una



capacidad productiva de una a dos cosechas y luego al abandono a la regeneración natural, propiciando la migración en un corto plazo. Otros problemas que afectan la agricultura son los altos costos de producción, el reducido mercado y la falta de mercado.

Los cultivos perennes tienen menor desarrollo. La producción de papaya (*Carica papaya*) está orientado al mercado. La piña (*Ananas comosus*) tiene buenas perspectivas industriales, pero tiene limitantes como la falta de mejora genética para obtener uniformidad y la afección por plagas y enfermedades que disminuyen su valor comercial. El cultivo de cítricos (*Citrus* sp.) es incipiente; también es afectado por minadores de hojas y enfermedades virosas y bacterianas. El cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) ha sido prácticamente abandonado por su baja productividad y falta de mercados, mientras el pijuayo-palmito (*Bactris gasipaes*) está siendo promocionado especialmente en la carretera Iquitos-Nauta, habiéndose constituido la Empresa Nauta para su industrialización. La producción natural del camu camu (*Myrciaria dubia*) tiene mercado externo seguro para la compra de pulpa y existen empresas organizadas para su comercialización; es una especie con gran potencial económico cuyo cultivo se ha promocionado recientemente (Capítulo 14).

La producción pecuaria es incipiente. Desde 1981 se ha promocionado la ganadería (Figura 2.3) con importación de búfalos, sin embargo existen problemas de alto costo de vientres, falta de pastos y falta de capacitación a los productores en el manejo de éste ganado. Dentro de la actividad pecuaria, la avicultura tiene la mayor importancia económica, orientada a la producción de carne y huevos, pero enfrenta el problema de la dependencia de insumos externos.

La agroindustria es bastante limitada y está concentrada en el apilado de arroz, el aserrío de la madera, el procesamiento de caña de azúcar, la producción de alimentos balanceados, quesos y embutidos, la elaboración de mermeladas, jaleas y néctares de frutales nativos, y enlatado de palmito de huasá (*Euterpe oleracea*) y palmito de pijuayo.

La comercialización, que se basa en la libre oferta y demanda, afronta problemas de dispersión y debilidad de la demanda, de bajos costo de los productos agropecuarios, y altos costos tanto de los insumos como de los productos elaborados de mayor demanda del agricultor. El problema se acentúa con la liquidación de las Empresas Estatales (ENCI y ECASA), que dejaron un vacío en la compra de productos al agricultor y que favorecen la participación de los intermediarios que son los que se benefician con ésta situación.

La agroforestería es nueva como actividad productiva y recientemente está siendo promocionada, con sustento de investigación, en campos de agricultores de la carretera Iquitos-Nauta, en la cuenca del río Itaya, en la cuenca del río Nanay, y en el bajo Marañón, en las localidades de 9 de Octubre, Tupac Amaru, San Antonio, San Jorge, San José de Sarapanga, Santa Fé, San Regis, Villa del Buen Pastor, localidades pertenecientes al ámbito de Nauta (Flores 1998b, Capítulo 10).



**Figura 2.3.** La ganadería extensiva es una de las actividades agropecuarias que caracteriza la zona de la Carretera Iquitos-Nauta. El bosque original ha sido reemplazado por pastizales, caracterizados por una muy escasa biomasa de hierbas y poca población de ganado. El cambio microclimático es bastante fuerte, lo que se puede percibir al salir de éste ecosistema e ingresar al ambiente sombreado del bosque (Foto: ISRIC/Kauffman).

## **FORESTAL Y FAUNA**

Las Estadísticas e Informes Oficiales de la Oficina Regional del Instituto Nacional de Recursos Naturales de Loreto (OFIRENA 1998 y 1997) indican, que las actividades vinculadas con la explotación de los recursos forestales y de fauna silvestre, son muy importantes y dependientes de la variada oferta ambiental de éstos recursos en la región. En el aspecto forestal, el mayor problema está constituido por el aprovechamiento selectivo de especies forestales de alto valor comercial. En 1997 la



producción total de madera en el departamento de Loreto fue de 360 745,0 m<sup>3</sup>, correspondiendo el 61,8 % a madera rolliza (35 especies), 21,9 % a madera aserrada (24 especies), 0,8 % a madera laminada (2 especies), 10,1 % a triplay (3 especies), 1,5 % a madera redonda (8 especies) y 3,9 % a madera para leña (17 especies); la producción de carbón fue de 473,2 toneladas métricas (28 especies). La producción total de productos forestales diferentes a la madera, fue de 702,9 toneladas (cortezas, raíces, hojas, semillas, pulpa de frutos, palmito), correspondientes a 24 diferentes especies herbáceas, arbustivas, lianas y árboles y 12 060 litros de látex de sangre de grado (*Croton draconoides*). Respecto a la fauna silvestre, en 1997 se comercializaron en total 29 196 pieles negras correspondientes a dos especies de animales silvestres sajino (*Tayassu tajacu*) y huangana (*Tayassu pecari*).

Si comparamos la producción forestal y de fauna silvestre de 1997 respecto a 1992, se registra un incremento de 410 % en la producción de madera rolliza; 286 % de incremento en la producción de madera aserrada; 116 % de incremento en la producción de madera laminada; 217 % de incremento en la producción de triplay; 128 % de incremento en la producción de madera para leña; 158 000 % de incremento en la producción de carbón; 121 % de incremento en la producción de productos diferentes a la madera; y una disminución en -2,3 % en el comercio de pieles negras. Estas tendencias nos ilustran la persistencia de la presión sobre los recursos forestales. También es evidente la reducción en el comercio de pieles, por disminución de la demanda en los mercados internacionales, como consecuencia de la efectividad de las políticas vigentes sobre conservación de los recursos naturales y del medio ambiente.

El total de permisos de extracción forestal otorgados en 1997 (OFIRENA 1998), fueron en número de 362, y correspondieron a un volumen total de 866 124 m<sup>3</sup>; el 93,8 % correspondió a unidades de hasta 1000 ha, el 4,1 % a unidades agropecuarias, y el 2,1 % a productos diferentes de la madera. Comparados estos valores con los de 1992 (DRAL/OIA 1994), se registra un incremento de 412 % en el número de contratos de extracción hasta de 1000 ha, 173 % de incremento en la cantidad de hectáreas y de 340 % de incremento en el volumen de madera. En el mismo año de 1997 (OFIRENA 1998), el comercio total de madera aserrada fue de 73 328,0 m<sup>3</sup> y correspondió el 9,5 % al mercado local, el 69,8 % al mercado nacional, y el 20,7 % al mercado internacional. El conjunto de estas informaciones referenciales, es indicativo de la importancia económica de la actividad forestal y de la presión que se ejerce sobre el medio natural.

La pesca, que es la actividad económica más importante de las poblaciones ribereñas, es fuente de ingreso monetario y de autoabastecimiento de proteínas en la dieta del poblador, complementada con la caza, que aún subsiste en las áreas menos disturbadas las que no existen en las áreas contiguas a la carretera por efectos de la deforestación indiscriminada. La piscicultura, es una actividad intensamente promocionada en las comunidades localizadas en tierra firme, donde las posibilidades de pesca son mínimas.

## **CARRETERA IQUITOS-NAUTA**

La necesidad de la carretera Iquitos-Nauta (López 1991) se remonta a 1885, época en que la naturaleza formó una isla frente al puerto de Nauta, aislando a la ciudad de la ruta de vapores y lanchas de todo tipo. En 1905 y 1927 los pobladores pretendieron abrir canales en la isla sin mayor éxito, constituyéndose la construcción de una carretera en una opción. Pero esta perdió interés al trasladarse la población a Iquitos. En febrero de 1961 se formó un Comité Pro-Construcción de la carretera Iquitos-Nauta, que fue oficializado en abril del mismo año. Esta comisión atravesó por la selva y se conectó a la trocha abierta hacía 10 años y llegó a Iquitos.

La construcción de la carretera se inició en 1970, sin ningún estudio previo, ni siquiera de su trazo. En 1980 se hizo el estudio detallado de la obra, y en 1981, por Convenio del ORDELORETO con la Dirección General Forestal y de Fauna del Ministerio de Agricultura, se hicieron los estudios de suelos y de bosques así como superficialmente del impacto ambiental. La construcción de esta carretera ha sido severamente cuestionada por Dourojeanni (MA/DGFF/ORDELOR 1981) y Alvarez (1997). Las motivaciones políticas de su construcción fueron diversas: aprovechar los recursos naturales disponibles, en especial tierras con aptitud agropecuaria y bosques, para abastecer mejor a Iquitos; lograr que parte de los moradores de los pueblos marginales de Iquitos, se dediquen a actividades agrícolas a lo largo de la carretera y abandonen la ciudad; descongestionar el Puerto de Iquitos, captando en Nauta el flete que llega por el río Marañón; iniciar por Iquitos, el tramo carretero que en el futuro llegaría hasta Chiclayo, en la Costa; abaratar los costos de las actividades petroleras, haciendo llegar la carretera, en un futuro impreciso, hasta la zona de explotación; y crear una ciudad modelo amazónica en Nauta, que sirva para un desarrollo concentrado.

Es una carretera de primer orden, con una longitud de aproximadamente 95 km hasta la ciudad de Nauta. Su construcción inicialmente estuvo a cargo del Ministerio de Transportes, y luego del Batallón de Ingeniería de Combate N° 5 del Ejército en Convenio con ORDELORETO. Hasta 1981, la carretera llegaba al km 35 Campamento Militar Otorongo; en este tramo, no existían estudios de proyectos de ingeniería definitivos. De 1981 a 1991, la construcción de la carretera hasta el km 51, estuvo a cargo del Ejército y de la CORDELOR (por administración), con fondos del Canon petrolero. En 1995, el Consejo Transitorio de Administración Regional, Región Loreto, priorizó la reconstrucción y asfaltado de la carretera. Una empresa privada fue seleccionada y contratada para la continuación de la obra financiada por el Gobierno Regional de Loreto. A inicios de 1998, el tramo de Iquitos hasta el cruce con el río Itaya, que es carretera afirmada, ya está asfaltada en menor extensión (Figura 2.4). Desde la ciudad de Nauta hacia Iquitos, existe una carretera carrozable hasta el km 15 y trochas abiertas hasta las proximidades del río Itaya. El puente que cruza el río Itaya está en las últimas etapas de su construcción.

El área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta es aproximadamente de 125 000 has. En 1981 se constató la ocupación de 25 000 ha, correspondiendo aproximadamente el 50 % a cultivos y la diferencia a purmas (bosques secundarios). En 1980 ya no quedaban tierras agrícolas para ser habilitadas alrededor de la carretera,



quedando únicamente tierras con aptitud forestal. La fauna silvestre, era explotada con intensidad (CTAR-RL/IAAP 1996a).



**Figura 2.4.** Carretera recién asfaltada en las cercanías de Allpahuayo, en setiembre de 1997 (Foto: Kalliola).

Actualmente los centros poblados ubicados a partir del km 40 y en las vías transversales de penetración, afrontan la inexistencia del servicio de transporte. Los productos de estos centros poblados son transportados a pie hasta el paradero final y de allí embarcados en vehículos que prestan este servicio. Es también perceptible la deforestación y deterioro en las áreas adyacentes a los tramos extremos de la carretera y a un incremento efímero en la explotación de recursos en el tramo de la carretera en construcción. Otros cambios también observados, por influencia del avance de la carretera son: la aparición de nuevos núcleos poblacionales y el crecimiento de las poblaciones más antiguas; el incremento en las demandas de servicios de salud y de educación; un aumento notable en el tráfico vehicular motorizado de vehículos diversos como "motocars", autos, camionetas, ómnibuses, camiones y tractores entre la ciudad de Iquitos y los tramos accesibles de la carretera, situación que se incrementará cuando se culmine la obra e integre a la ciudad de Nauta. Además se espera que la interdependencia económica de estas ciudades presentará muchos cambios, especialmente porque el puerto de Iquitos tiene problemas con la dinámica del río Amazonas y Nauta puede así convertirse, por lo menos temporalmente, como un puerto - ciudad - satélite de Iquitos (Zagaceta 1996).

Sin embargo se prevé que los cambios más severos se expresen en mayores incrementos de las tasas de deforestación y en el uso de la tierra. La extracción de recursos naturales desde madera redonda hasta carbón de leña, conjuntamente con la



producción agropecuaria temporal de dos a tres años, originarán economías de muy corta duración. Esta situación puede originar una gran extensión de tierras abandonadas, empurmadas y deterioradas, con unos centros poblados que viven en condiciones de pobreza. Esto no representa ninguna atracción para economías de mayor duración, como el ecoturismo. Una alternativa extrema para este tipo de desarrollo será que la economía continúe siendo productiva, lo que es una opción posible de lograr a través de un desarrollo bien planificado y controlado, dónde el ordenamiento territorial reconozca las potencialidades que tienen los diferentes tipos de tierra que conforman el ecosistema natural, deje una parte de los bosques en protección y aplique métodos apropiados para el manejo integral y sostenido de los recursos naturales.

## INVESTIGACIÓN, INSTRUMENTO PARA EL DESARROLLO

El ámbito de estudio, particularmente el área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta, ha centrado la atención política y de la comunidad científica local, nacional e internacional. En la búsqueda de opciones para facilitar el desarrollo sostenible, tanto la participación política como la científica, han ejecutado estudios de diverso alcance. La Secretaría Pro Tempore del Tratado de Cooperación Amazónica, ha tenido relevante participación, expresada en su numerosa producción bibliográfica relacionada con el medio ambiente amazónico y su conservación; igualmente, la participación destacada de investigadores locales y de otras nacionalidades. Entre las publicaciones con temática ambiental específica para el ámbito de estudio se citan: Zonificación Ecológica Económica del Área de Influencia de la Carretera Iquitos-Nauta (CTAR-RL/IIAP 1996b), Estudio Ambiental de la Región Loreto (Quijandría & Caballero 1994), y Estudio de Impacto Ambiental de la Carretera Iquitos-Nauta (SEGECO 1997). Las informaciones suministradas son valiosas, sin embargo en algunos casos, las escalas de los estudios ó la definición de representatividad de áreas sin estudios detallados ó la incongruencia metodológica en los estudios de Impacto ambiental (ver por ejemplo Raua & Wooten 1980, Wathern 1992) limitan su aplicabilidad.

Otras publicaciones de importancia realizadas en la región, son: Inventario de recursos Iquitos, Nauta, Requena y Colonia Angamos (ONERN 1975); Evaluación de suelos y de recursos para el desarrollo agrario del área de influencia carretera Iquitos-Nauta (MA/DGFF/ORDELO 1981); Evaluación de purmas en Iquitos (Blain 1996); Programa desarrollo integral Nauta-Iquitos-Mazán (CORDELOR 1987); Programa de apoyo para el desarrollo de los asentamientos humanos de la carretera Iquitos-Nauta (CORDELOR-ICI 1988); Zonificación ecológica y económica carretera Iquitos-Nauta (CTAR-RL-IIAP 1996b); Propuesta creación de la zona reservada Allpahuayo-Mishana; Evaluación del Proyecto "Programa de apoyo al desarrollo de asentamientos humanos de la carretera Iquitos-Nauta (López 1991); Estudio detallado de suelos y reconocimiento de cobertura y uso de la tierra (Iquitos) (ONERN/GRL/AECI 1991); Cultivo de frutales nativos amazónicos presentando manual para el extensionista (Flores 1997a), El plan para el desarrollo sostenible de la carretera Iquitos-Nauta (CTAR-CEM-DRPP 1997); y Flórmula de las reservas biológicas de Iquitos, Perú (Vásquez 1997).

Un otro grupo de publicaciones internacionales contienen información sobre el uso de recursos naturales en diferentes partes de la zona de estudio, por ejemplo de valoración de bosque en Mishana (Peters *et al.* 1989); evaluación de frutales nativos en Iquitos (Vásquez & Gentry 1989); aspectos de desarrollo y condiciones ambientales (Kalliola & Flores 1977); y un mayor grupo de estudios socioeconómicos sobre el uso recursos naturales (Hiraoka 1985, 1986 y 1989a,b, Padoch *et al.* 1985, Padoch & de Jong 1987, Coomes 1995, Hiraoka 1995, Coomes *et al.* 1996, Coomes & Burt 1997).

Entre las Instituciones Nacionales de Investigación con campos experimentales en el ámbito de estudio en general y en la carretera Iquitos Nauta en particular, sobresalen el IIAP, con su Estación de Allpahuayo, en el km 25; el INIA, con su Estación Experimental el Dorado en el km 40 y la Isla Muyuy en el río Amazonas; y la UNAP con sus campos experimentales en Puerto Almendra, Zúñgaro Cocha y en San Gerardo en el km 19,5 de la carretera. Son también numerosas las ONG's que en diversas oportunidades trabajaron en la carretera Iquitos-Nauta. Es relevante la participación del Gobierno de Loreto con el Fondo Contravalor Perú - Canadá y el Gobierno peruano con el Fondo Contravalor Perú - España.

Entre las instituciones que realizan transferencia de tecnología en la Carretera Iquitos-Nauta, destacan el INIA-AECI en la promoción productiva de pijuayo y arazá. El Proyecto Agroforestal de la UNAP hace transferencia tecnológica en Agroforestería y CARITAS-IQUITOS, con su programa de alivio a la pobreza, promueve el apoyo social integral en salud, educación, producción agroforestal, ganadería menor y piscicultura.

Los artículos del presente libro, conjuntamente con el Mapa Geoecológico de la Zona de Iquitos, Perú (Anexo de este libro), son generados por un equipo multidisciplinario interinstitucional nacional e internacional, y están orientados a suministrar información científica actualizada de diversos aspectos ambientales y de desarrollo en la zona de Iquitos. Esperamos que estos capítulos sean útiles en el proceso de encontrar métodos adecuados, en la búsqueda de alternativas para un desarrollo sostenible en la zona de estudio, asimismo como en el llano Amazónico en general.

## CONCLUSIONES

El área de estudio es una parte representativa de la selva baja amazónica peruana, con sus peculiaridades ambientales naturales restrictivas de actividades productivas convencionales y con potencialidades que demandan una gestión cuidadosa para su racional utilización.

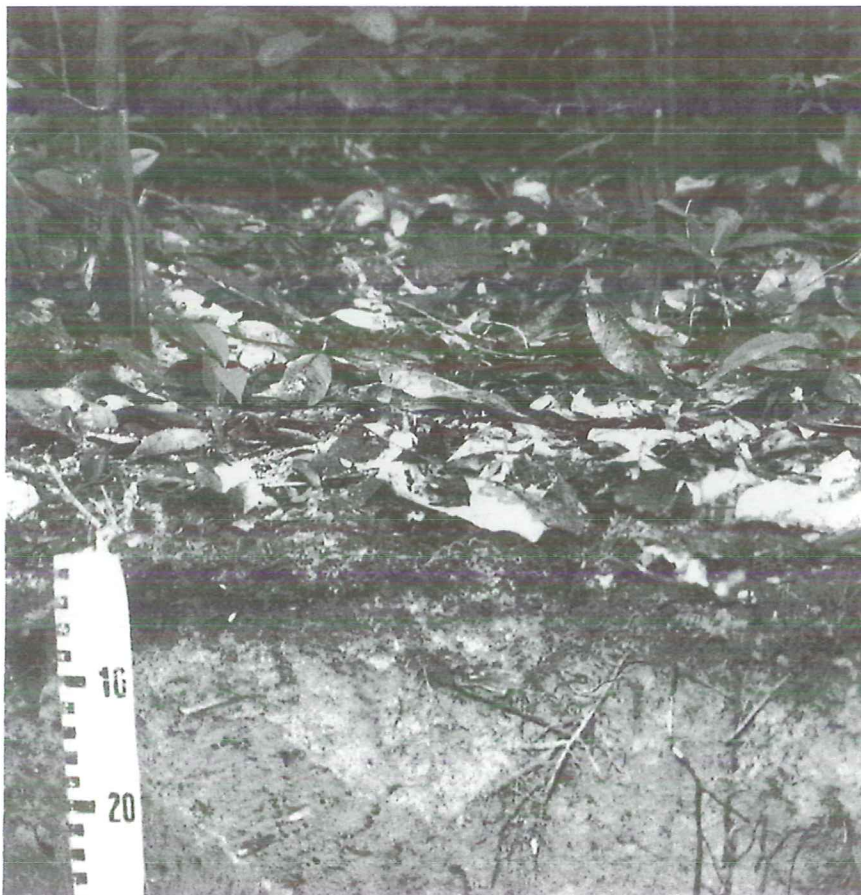
Es también evidente que la intervención humana que ejerce presión sobre los recursos naturales, deriva en resultados funestos que deterioran el potencial real de los ecosistemas y afectan la calidad de vida de los pobladores rurales. Ésta situación es atribuible al desconocimiento real del medio ambiente amazónico, y sustenta la demanda de intensificar investigaciones científicas que orienten un verdadero ordenamiento territorial por vocación, para su racional y sostenida utilización.

Finalmente, la sensibilización política así como la concientización de la comunidad científica local, regional, nacional e internacional y la participación de instituciones locales en las tareas de desarrollo de las comunidades pobres en los ambientes tropicales, se manifiesta en su contribución al conocimiento del medio ambiente, a través del emprendimiento de varios estudios y de la transferencia de tecnologías productivas viables.



## PARTE 2

### FACTORES AMBIENTALES DEL ÁREA DE ESTUDIO







# CAPÍTULO 3

## CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA DE IQUITOS, PERÚ

José A. Marengo

---

### RESUMEN

En este capítulo, se presentan los aspectos más importantes del clima de la ciudad de Iquitos, Perú, en el marco del clima de la Amazonía peruana y la Amazonía en general. Se analiza información climática e hidrológica para describir el clima y sus anomalías, las variabilidades diaria, estacional, anual, interanual y de muy largo plazo, esta última orientada hacia estudios de cambio climático en la región. Especial énfasis se da a anomalías climáticas como los veranillos, friagens y los impactos de El Niño en el clima y la economía local. Considerando las limitaciones de la información meteorológica e hidrológica disponible para Iquitos, se analiza series hidrometeorológicas en puntos de la Amazonía brasileña, para dar una mejor idea de las características de la región como un todo. Se incluyen, además, la información más reciente sobre impactos de El Niño 1997/98, las estadísticas de deforestación de la Amazonía Brasileña, y una compilación de los trabajos más relevantes y actuales sobre clima-hidrología de la región. Al final, en la discusión sobre cambios climáticos, se discuten los resultados de modelos climáticos sobre cambios en temperatura y precipitación en la región, resultantes de un incremento de la deforestación y del CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

### INTRODUCCIÓN

Esta sección describe el clima de la zona de Iquitos y territorios aledaños, con énfasis en la climatología e hidrología de ríos en la región, así como la variabilidad de los mismos en años considerados extremos, como en El Niño. Se hace mención de características climáticas, así como de las condiciones climáticas anómalas de corta duración que afectan el lugar en los meses de verano e invierno. Asimismo, se analizan los aspectos de circulación atmosférica, precipitación, balance hidrológico, temperatura del aire, y radiación solar. Finalmente se presentan tablas con resúmenes climáticos basados en datos compilados de varias fuentes de información.

Es necesario indicar que la red meteorológica en la zona de Iquitos se ha deteriorado, lo que se refleja especialmente en el número de estaciones climatológicas que

*En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114: 35-57.*

han sido clausuradas, o trasladadas a otros puntos en la región. Tabla 3.1 muestra una lista de estaciones climáticas cercanas a Iquitos, indicando el estatus de ellas.

Tabla 3.1. Estatus de estaciones climatológicas ubicadas en Iquitos y zonas aledañas (Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI).

ESTACIÓN	Latitud °S	Longitud °W	Altitud m s.n.m	Inicio año	Estatus
Tamshiyacu	73,10	4,00	800	1964	Funciona
Muyuy	73,12	3,54	84	1963	Cerrada
Punchana	73,14	3,40	130	1971	Cerrada
Zungarococha	73,15	3,45	122	1967	Cerrada
San Roque	73,16	3,45	126	1984	Funciona
Guayabamba	73,15	3,48	100	1959	Cerrada
Iquitos	73,15	3,47	126	1947	Funciona
Quistococha	73,19	3,49	150	1963	Funciona
S. María de Nanay	73,42	3,53	120	1963	Funciona

## ELEMENTOS GENERALES DEL CLIMA

### PROMEDIOS CLIMÁTICOS

La ciudad de Iquitos se ubica en la Amazonía peruana, a orillas del río Amazonas. Climáticamente esta región se caracteriza por un tipo Ar tropical húmedo todo el año sin meses secos (Trewartha 1981: 346-47). El régimen de precipitación muestra totales mayores de 1500 mm año<sup>-1</sup>, distribuidas de tal forma que no hay un período seco extenso y casi ningún mes con precipitación menor de 50 mm (Marengo 1983a, 1991, Figuerera & Nobre 1990). Las características generales de los elementos del clima en Iquitos aparecen en la Tabla 3.2, preparadas en base a registros históricos compilados con datos del SENAMHI.

Los meses más calientes ocurren durante el verano, y los máximos de lluvia se presentan entre finales de verano e inicios de otoño (Figura 3.1 y 3.2). Las mayores velocidades de viento se observan en los meses de invierno. La humedad relativa es casi constante a lo largo del año. Una descripción más detallada de estas variables será presentada en las siguientes secciones.

Generalmente, no se sufre de limitaciones por falta de agua, pero sí a veces por exceso. Figura 3.1 muestra el promedio anual 1948-94, junto con años anormalmente secos y húmedos, como en los años de El Niño 1953, 1965, 1973, 1976, 1983. El año 1949 no fue un año de El Niño, sin embargo muestra valores anormalmente altos en precipitación durante casi todos los meses. Marengo (1991, 1992, 1995) indica que solamente años con eventos muy intensos de El Niño resultan en anomalías de precipitación por debajo de lo normal en la región.



Tabla 3.2. Promedios climatológicos en Iquitos.

	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Jun.	Jul.	Aug	Set	Oct.	Nov.	Dic.	Med.
<b>Temperatura</b>													
Promedia (°C)	27	27	27	26	26	26	25	26	26	26	27	26	26
Temperatura Máxima (°C)	31	30	30	30	30	29	29	30	31	31	31	31	30
Temperatura Mínima (°C)	22	22	22	22	22	22	21	22	22	22	22	22	22
Precipitación (mm)	254	245	350	330	200	180	218	220	250	270	320	250	3087
Viento (m s <sup>-1</sup> )	4,4	4,4	3,9	3,3	3,9	3,9	3,9	3,9	4,9	4,9	3,9	4,9	4,4
Humedad relativa max. (%)	96	96	96	96	96	95	96	96	96	96	95	95	95
Humedad relativa min. (%)	73	73	73	75	75	76	73	72	72	73	74	75	74

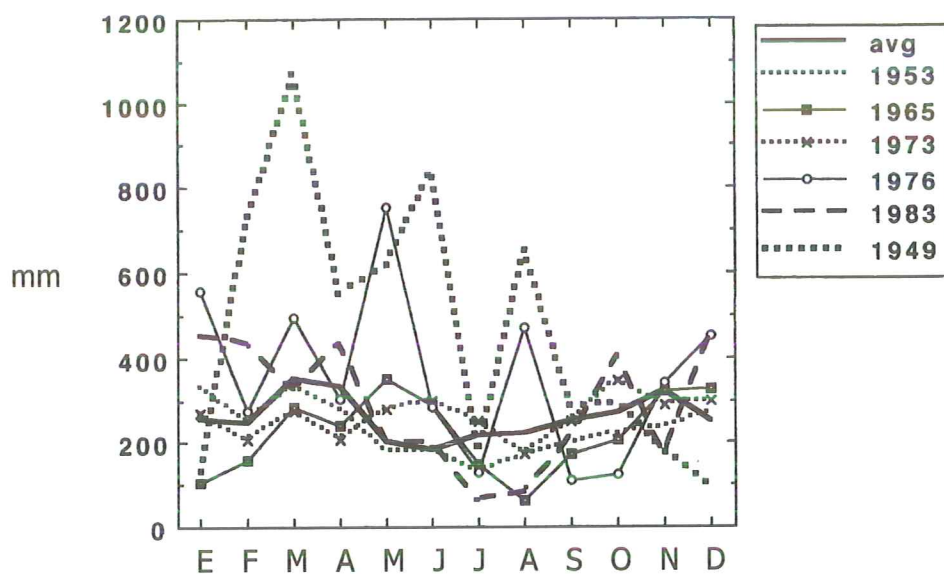


Figura 3.1. Precipitación en Iquitos (promedio 1948-94) y en algunos años extremos.

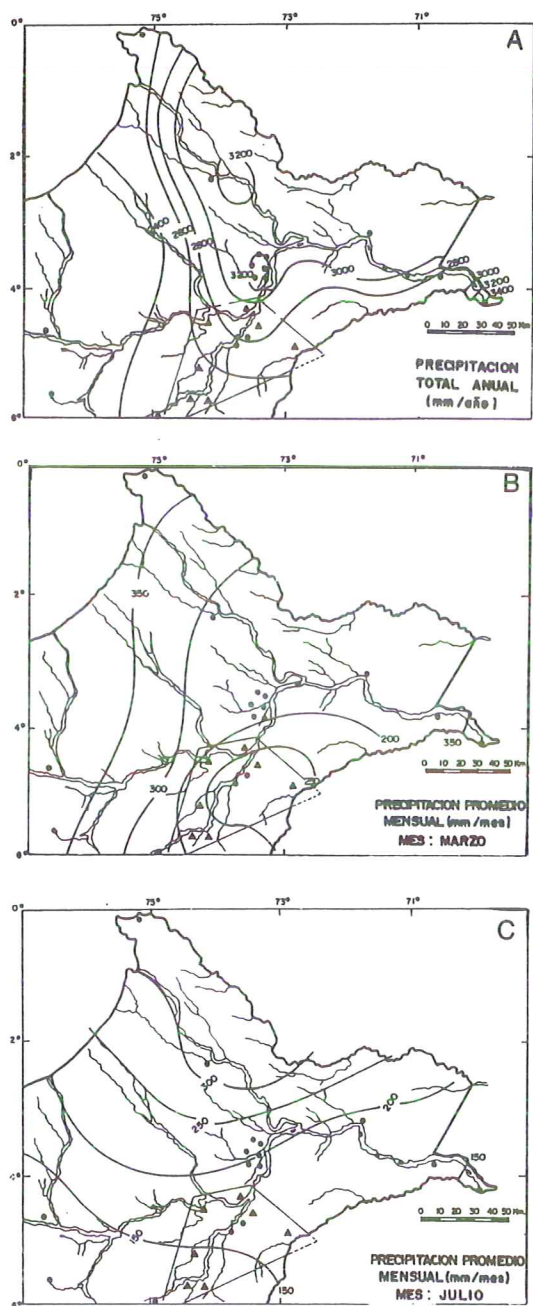


Figura 3.2. Precipitación media mensual en el noroeste de la Amazonía peruana. (Fuente: Marengo 1983a)

## CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA

Iquitos, localizada en las tierras bajas del trópico húmedo peruano se encuentra fuertemente influenciada por la circulación atmosférica tropical, determinada a su vez por los centros de alta presión sobre el Océano Pacífico y Atlántico, la presencia de los vientos alisios y la convergencia de ellos en la llamada Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT), así como por perturbaciones frontales y líneas de inestabilidad de corta duración que pueden llegar a esta parte en verano o invierno. Esta ZCIT atraviesa una mayor área del trópico húmedo peruano, a medida que avanza hacia la Amazonía del sur durante Enero y hacia el norte sobre la desembocadura del Amazonas en Marzo y Abril (Marengo 1991, Kousky 1988).

Durante la estación lluviosa de verano, la ZCIT y la banda nubosa asociada a ella cubre la Amazonía determinando altas precipitaciones, atribuidas a la alta inestabilidad atmosférica. Es en esta época que predominan los vientos de componente norte, que a su vez transportan humedad del Atlántico tropical hacia la Amazonía y el Nordeste Brasileño. Durante el invierno, los anticiclones del Atlántico y Pacífico están mucho más desarrollados que en el verano y se encuentran desplazados más al norte. En esta época del año, la ZCIT alcanza también su posición más al norte extendiéndose desde América Central hasta las Guayanas, y determinando la estación lluviosa en estas regiones.

Estudios de la ONERN (1975) y Marengo (1983a) han indicado que en la región de Iquitos, los vientos por lo general no son tan intensos, con promedios mensuales entre  $3\text{--}4\text{ m s}^{-1}$  durante los meses de verano, y de  $4\text{--}5\text{ m s}^{-1}$  durante el invierno. En los días de friagem (eventos fríos, descritos en la siguiente sub-sección), los vientos pueden fácilmente pasar los  $10\text{ m s}^{-1}$ . Las calmas se manifiestan generalmente en horas de mañana y en la noche, mientras que a medio día predominan los vientos débiles del norte y del noreste.

Episodios de vientos extremadamente fuertes han sido reportados por pobladores locales, así como por investigadores en la región, mientras que la literatura no muestra referencias a estos fenómenos. Estos eventos han sido caracterizados como vientos extremadamente intensos que afectan pequeñas extensiones de la selva, y de pocos minutos de duración, similares al paso de un pequeño tornado. La intensidad de los vientos es tal que derriba muchos árboles, lo que ha sido detectado desde aviones, reportándose como manchas de bosque destruidas por los vientos. Estas situaciones no ocurren con lluvias y no están asociados a los friagens. Se puede esperar que estos vientos excepcionalmente fuertes afecten la regeneración natural de los bosques, además de la fauna y de la población local.

## PRECIPITACIÓN

En el contexto de la Amazonía como región, se tienen tres máximos de precipitación anual, como indican Figurera & Nobre (1990), Nobre *et al.* (1991) y Marengo (1995). El primero se localiza en el noroeste de la Amazonía, con lluvias por encima de  $3000\text{ mm año}^{-1}$ , y que está asociado a la condensación del aire húmedo traída por los vientos alisios del noreste que convergen en la ZCIT, y que son elevados



por la topografía de los Andes. Aquí, las lluvias se concentran en abril-junio. El segundo centro se ubica en la parte central de la Amazonía, alrededor de los 5 °S, con valores de 2500 mm año<sup>-1</sup>, y localizada en una banda orientada de este a oeste, donde la estación lluviosa se concentra en el trimestre marzo-mayo (Marengo 1995, Figueroa & Nobre 1990).

El tercer máximo de lluvia se ubica en la parte este de la cuenca, sobre la desembocadura del río Amazonas, con precipitación anual superior a 4000 mm, y con el máximo en el trimestre febrero-abril. Este máximo se debe, posiblemente, a las líneas de inestabilidad que se forman a lo largo de la costa, durante o al fin de la tarde, y que son forzadas por la circulación de brisa marítima (Kousky 1980). Figura 3.2 muestra la distribución anual, de verano y de invierno, de la precipitación en la zona de Iquitos y la Amazonía peruana.

La región de Iquitos se ubica al sudoeste del primer máximo de lluvia del noroeste de la Amazonía, con totales anuales entre 2400-3100 mm, y con el trimestre más lluvioso entre febrero-abril. La estación con menos lluvias ocurre entre junio-agosto. Sobre las características de la estación lluviosa en Iquitos y la Amazonía peruana, Kousky (1988) identificó que en promedio el inicio de la misma se presenta a mediados de agosto, y el final a mediados de junio, con un máximo en marzo-abril. La Figura 3.3. muestra la variación anual de la precipitación en la Amazonía. La Tabla 3.3 muestra los valores mensuales y anuales de precipitación en Iquitos. La Figura 3.1 muestra una comparación entre la variación anual media de la precipitación en Iquitos, y para años considerados especiales, algunos de ellos correspondiendo a años de El Niño.

Estudios realizados para la Amazonía de Brasil por los investigadores del CPTEC indican que las partes central y norte presentan lluvias por debajo de lo normal en años de El Niño. Esta tendencia parece reflejarse a gran escala en la Amazonía del oeste (Richey *et al.* 1989, Marengo 1992, Marengo & Hastenrath 1993) donde en años como El Niño 1982/83 y 1986/7, una reducción en la precipitación en esta zona se reflejó en valores anormalmente bajos en los niveles del río Negro medidos en la estación hidrológica de Manaus, en Brasil central. Algo similar fue observado en los años de El Niño de 1925/26, 1986/87 y recientemente en 1997/98.

Los niveles del río Amazonas medidos en Iquitos fueron analizados por Marengo (1991), Kalliola & Puhakka (1993) y Tuukki *et al.* (1996). Ellos indicaron que la estacionalidad de las lluvias determina cambios en el nivel de los ríos y el ciclo anual de los mismos. Se ha comprobado que en años de El Niño intensos, como 1983, los niveles del río en Iquitos fueron por debajo de lo normal. Lo mismo fue observado en los niveles del río Negro en Manaus, y en otros ríos de la parte norte de la Amazonía (Richey *et al.* 1989, Marengo *et al.* 1998).

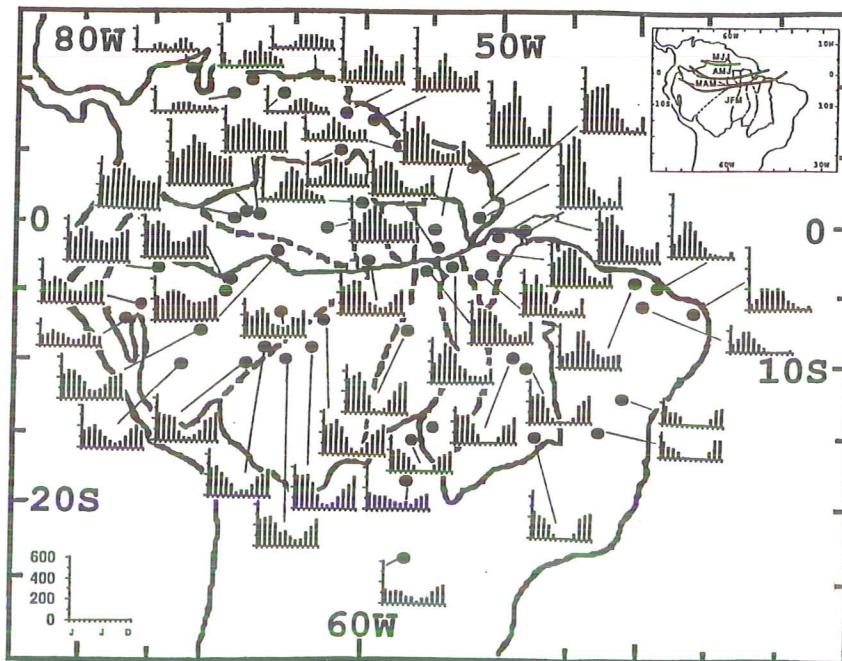


Figura 3.3. Variación anual de lluvia en la cuenca Amazónica (Marengo 1991). MJJ indica que el máximo de precipitación se da en mayo-junio-julio; AMJ en abril-mayo-junio; MAM en marzo-abril-mayo; JFM en enero-febrero-marzo.

## BALANCE HIDROLÓGICO

Dado que la Amazonía contiene la mayor reserva forestal húmeda y el mayor sistema hidrográfico del mundo, existe actualmente una preocupación muy grande sobre posibles efectos que puedan tener en el régimen hidrológico los cambios en el uso de la tierra y la deforestación, así como también en el intercambio de humedad entre la vegetación y la atmósfera, lo que podría a su vez afectar sensiblemente los ciclos hidrológico y de energía en la región (Dickinson & Kennedy 1992, Cutrim *et al.* 1995, Gash *et al.* 1996). La falta de observaciones continuas de precipitación, evapotranspiración y medidas de descargas a lo largo del río Amazonas y sus tributarios, han determinado que muchos científicos usen métodos indirectos o modelaje para evaluar el ciclo hidrológico en la región. Los trabajos iniciales de Salati & Marques (1984) estimaron los componentes medios del balance hidrológico en la región: precipitación de  $11,9 \times 10^{12} \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$  (Villa Nova *et al.* 1976); la descarga del río Amazonas en Obidos ( $01^{\circ}55'S, 55^{\circ}28'W$ ) fue estimada por Oltman (1967) en  $5,5 \times 10^{12} \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ ; y la evapotranspiración fue estimada usando el método de Penman resultando en  $6,4 \times 10^{12} \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ . Este valor estimado de Penman concuerda con la diferencia entre precipitación y descarga.

Tabla 3.3. Precipitación media mensual (mm) en Iquitos en 1948-94. Fuentes de información son SENAMHI y *Climate Research Unit* de la Universidad de East Anglia (Inglaterra).

AÑO	Ene	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1948					130	112	103	31	153	393	294		
1949	136	719	1069	553	620	838	178	656	284	293	177	98	5622
1950	115	364	264	176	216	174	229	336	124	256	198	111	2261
1951	298	507	333	319	284	110	88	192	158	179	169	230	2867
1952	288	191	308	191	237	224	94	193	59	196	149	231	2361
1953	329	252	338	276	179	182	130	169	199	223	237	272	2785
1954	318	177	504	198	188	110	86	80	167	238	300	159	2523
1955	223	498	361	348	182	210	151	104	266	112	316	187	2956
1956	303	362	465	288	265	211	170	173	156	309	224	206	3133
1957	304	271	266	254	246	149	103	131	51	195	349	204	2518
1958	253	237	365	264	548	144		85	223	130	193	178	
1959	123	198	352	388	248	117	257	124	223	255	112	288	2684
1960	313	267	207	324	183	117	167	174	311	134	219	111	2526
1961	340	223	408	290	321	187	25	160	337	274	195	439	3197
1962	189	289	90	372	328	181	124	88	201	279	620	378	3145
1963	361	227	399	213	205	61	157	102	119	119	237	308	2507
1964	138	120	314	404	226	203	114	161	154	410	270	86	2600
1965	109	158	283	240	351	289	151	64	172	208	321	327	2673
1966	294	209	233	477	202	175	345	204	141	263	173	371	3087
1967	349	163	308	230	153	195	225	86	199	184	75	215	2382
1968	333	63	201	240	168	170	257	178	105	191	258	168	2330
1969	224	254	247	358	291	105	199	179	291	1548	243	238	2784
1970	295	310	374	317	288	236	178	121	265	993	349	228	3060
1971	355	326	405	118	342	277	229	91	322	244	196	264	3169
1972	213	152	274	188	444	254	237	198	119	524	332	288	3223
1973	270	209	374	207	277	300	252	175	250	347	287	297	3244
1974	144	67	197	274	121	164	192	240	279	245	107	322	2352
1975	379	188	394	120	445	306	184	355	252	353	379	389	3745
1976	558	274	495	304	753	284	131	469	110	124	343	452	4298
1977	39	475	531	391	192	193	236	123	344	394	374	242	3536
1978	115	121	174	346	298	93	227	175	288	103	451	457	2848
1979	80	203	190	311	209	96	111	140	87	243	162	401	2234
1980	550	172	439	441	217	108	147	167	152	323	368	137	3220
1981	156	405	240	826	380	369	70	371	279	266	239	530	4130
1982	388	184	228		215	145	462	110	228	230	395	373	
1983	453	432	324	432	204	204	64	83	208	405	166	442	3417
1984	218	195	195	221	160	262	147	105	111	94	193	118	2019
1985	80	133		289	111		139	132	122	170	141	188	
1986		117					219			262			
1987	502	206	148	360	126		214	162	94			324	
1988	163	372		25	283	179			79		343	152	
1989	565	276		145	381	268			110	159	154	62	
1990	475	225		135	130	295	86	213					
1991		255	276				209						
1992	164											249	
1993	361							210	127	248		174	
1994		199			160	327	102	213	234			262	
Prom.	254	245	350	330	200	180	218	220	250	270	320	250	3087



Resultados de trabajos previos sobre evaluaciones del balance hidrológico aerológico (atmosférico) de la Amazonía aparecen listados en la Tabla 3.4. Las diferencias en los resultados se deben a diferentes áreas consideradas para la cuenca Amazónica (Marengo *et al.* 1994), diversas redes pluviométricas utilizadas, y distintos métodos de estimación del balance hidrológico, ya sea usando la ecuación básica  $ET = P - R$  ( $ET$ =evapotranspiración,  $P$ =precipitación,  $R$ =escorrentía) o la ecuación de divergencia del flujo de humedad. Para obtener una mayor información se recomienda revisar los trabajos de Matsuyama (1992) y Costa & Foley (1997).

Tabla 3.4. Componentes anuales del balance hidrológico de la Amazonía (Matsuyama 1992, Marengo *et al.* 1994, Costa & Foley 1997).

ESTUDIO	Precipitación mm año <sup>-1</sup>	Evapotranspiración mm año <sup>-1</sup>	Escorrentía mm año <sup>-1</sup>
Baumgartner & Reichel (1975)	2170	1185	985
Villa Nova <i>et al.</i> (1976)	2000	1080	920
Marques <i>et al.</i> (1979)	2083	1000	1083
Marques <i>et al.</i> (1980)	2328	1261	1067
Jordan & Heuvelop (1981)	3664	1905	1759
Leopoldo <i>et al.</i> (1982)	2076	1676	400
Franken & Leopoldo (1984)	2510	1641	869
Shuttleworth (1988)	2636	1319	1317
Vorosmarty <i>et al.</i> (1996)	2260	1250	1010
Russell & Miller (1990)	2010	1620	380
Nizhizawa & Koike (1992)	2300	1451	849
Matsuyama (1992)	2153	1139	849
Marengo <i>et al.</i> (1994)	2888	1616	1272
Costa & Foley (1997)	2166	1366	1106

Los términos del balance hidrológico listados en la Tabla 3.4, indican un papel sustancial de la evapotranspiración del bosque en la precipitación regional, conforme a lo propuesto inicialmente por Lettau *et al.* (1979), Salati *et al.* (1979), y Marques *et al.* (1980). Valores estimados de evapotranspiración basados en datos de experimentos regionales pasados en Amazonía, como son ABLE-2B y FLUAMAZON, obtuvieron medidas del orden de 5mm día<sup>-1</sup> con fuertes variaciones temporales (Nobre *et al.* 1991). Estas investigaciones se refieren a la componente del balance hidrológico atmosférico, medido a partir de estimaciones areales de precipitación y descarga. Esta componente atmosférica tiene que concordar con la componente superficial terrestre del ciclo hidrológico, la que puede ser estimada puntualmente y a nivel regional.

Respecto al balance hídrico superficial en el área de Iquitos y zonas aledañas, la Figura 3.4 muestra los climogramas promedios en Iquitos y varias estaciones cercanas, estimando la evapotranspiración potencial por el método de Thornthwaite (Marengo 1983a, 1983b) y considerando una reserva de humedad del suelo de 100 mm, usando el llamado "bucket method". En casi todas las localidades, especialmente en aquellas al norte de Iquitos, se notan excesos de humedad durante todo el año, mientras que en estaciones localizadas cerca de Pucallpa (12°S) y más al sur, se tiene algunos meses en los que la evapotranspiración supera a la precipitación, pero sin riesgo de tener una prolongada sequía.

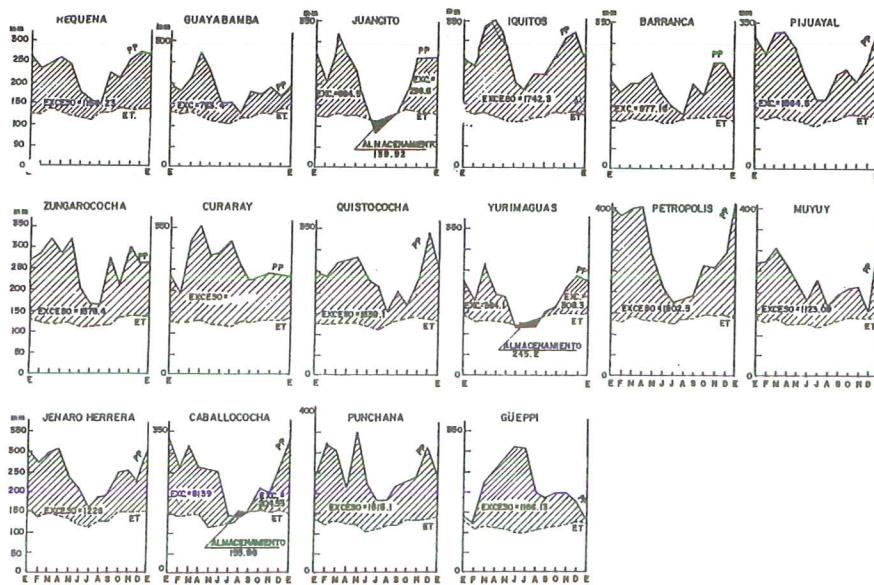


Figura 3.4. Climogramas de balance hidrológico en Iquitos y estaciones cercanas en la Región del departamento de Loreto (Marengo 1983a). PP=precipitación y ET=evapotranspiración. Las unidades se expresan en mm.

## TEMPERATURA DEL AIRE

En lo referido a la temperatura del aire, la zona de Iquitos presenta mínimas medias de 20-22 °C y máximas entre 29-31 °C. Las medias anuales superan los 25 °C y las máximas absolutas en Iquitos no sobrepasan de 35 °C comparados con otros lugares de la región. Este hecho se relaciona con las brisas fluviales que soplan desde el río Amazonas. La variación diaria de la temperatura oscila entre 5 a 8 °C, lo que es mucho mayor que la variación anual, que apenas llega a ser de 1 a 2 °C.

Basados en información del Atlas Climático de Perú preparado por el SENAMHI, y en los trabajos de Marengo (1983a, 1991, 1992), se infirió que la distribución media de la temperatura anual en la zona de Iquitos presenta un valor de 26 °C, con una gradiente horizontal uniforme que aumenta hacia el oeste, donde empiezan los Andes. La temperatura media mensual varía entre 24 a 28 °C, y el rango térmico tiende a aumentar durante los meses de invierno (Marengo 1984). En la estación de invierno, pueden tenerse días en los que las máximas temperaturas logran alcanzar hasta 36 °C, mientras que las mínimas pueden bajar hasta 10 °C o menos pocas horas después. Este comportamiento es característico del fenómeno que regionalmente se le conoce como Friagem (plural: Friagens; Morize 1922, Serra & Ratisbona 1942, Marengo 1984, Seluchy & Nery 1992, Marengo *et al.* 1997a,b).

## HUMEDAD ATMOSFÉRICA

La humedad relativa media anual en la región es bastante alta, con valores que oscilan entre 80 y 90 % todo el año, los meses de invierno presentan una mayor extensión de valores superiores a 90 %. La humedad atmosférica es alta a lo largo de todo el año, favorecida por la evaporación de los abundantes cursos de agua y zonas pantanosas, así como la evapotranspiración del bosque. A nivel diario, en esta estación durante los friagens de invierno, la humedad relativa puede caer hasta valores de 60 % en Iquitos en los días más fríos.

## RADIACIÓN SOLAR Y EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

Las medidas de radiación solar *in situ* en la Amazonía en general son muy escasas, por lo que muchos autores han utilizado métodos indirectos para estimar esta cantidad. Marengo (1986) estimó la radiación solar usando la información sobre horas de sol y nubosidad en la Amazonía peruana y brasileña, con una media regional de  $400 \text{ cal cm}^{-1} \text{ día}^{-1}$ , variando en el año de acuerdo al ciclo de lluvias. En Tabla 3.5, se muestran valores estimados de radiación solar y evapotranspiración potencial en algunas estaciones seleccionadas del trópico Sudamericano.

**Tabla 3.5.** Valores estimados de radiación solar y evapotranspiración potencial (según Penman) en estaciones seleccionadas en la Amazonía (Marengo 1986).

ESTACIÓN	País	Radiación solar ( $\text{cal cm}^{-1} \text{ día}^{-1}$ )	Evapot. potencial ( $\text{mm año}^{-1}$ )
Iquitos	Perú	381,1	1040,6
Coarí	Brasil	401,8	1087,4
Humaitá	Brasil	389,8	1090,8
Manaus	Brasil	398,8	1051,2
San Carlos río Negro	Venezuela	365,5	1065,8
Tiputini	Ecuador	359,9	1032,9

Para la Amazonía brasileña, las medidas de radiación solar, temperatura y humedad sobre bosque y en zonas deforestadas fueron obtenidas a través del experimento Anglo-Brazilian Climate Observation Study (ABRACOS). Las mediciones se vienen realizando desde 1990 para tres regiones representativas de la Amazonía: Central (Manaus), Sur (Ji-Paraná), y Este (Marabá). Si bien, estas medidas no son de Iquitos, pueden al menos dar una idea del régimen de humedad y radiación solar en diferentes partes de la Amazonía (Tabla 3.6).

La variabilidad anual de la radiación solar en Manaus indica que los valores máximos se presentan entre agosto-octubre, y los mínimos en marzo-mayo, o sea durante las estaciones seca y lluviosa, respectivamente.



**Tabla 3.6.** Radiación solar en superficie medida en el experimento ABRACOS en diferentes lugares de la Amazonía, en áreas boscosas y en zonas deforestadas adyacentes (Culf *et al.* 1996).

LUGAR	Área boscosa MJ m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup>	Área deforestada MJ m <sup>-2</sup> día <sup>-1</sup>
Manaus	15,71	16,00
Marabá	17,06	17,08
Ji-Paraná	17,42	16,85
Promedio	16,73	10,08

## ANOMALÍAS CLIMÁTICAS

Después de discutir los elementos del clima de la región, y su variabilidad anual y estacional, a continuación se describen algunas anomalías climáticas detectadas en la región, como son los períodos secos o “veranillos”, las ondas de frío o “friagens”, y los impactos de El Niño en la región. Se incluye también una lista de referencias a las que el lector puede consultar para obtener una mayor información.

### CARACTERÍSTICAS Y DURACIÓN DE LOS VERANILLOS

A nivel regional, una de las características más importantes de la estación lluviosa en la región tropical es la presencia de los períodos secos o “Veranillos”. Estos veranillos se caracterizan por ser un período extenso sin lluvias que ocurre en el medio de la estación lluviosa. Las temperaturas son anormalmente altas, y sólo eventos aislados de lluvia o no lluvia ocurren durante este período. La escasez o falta de lluvia determina un estrés hidrológico para las plantas, desde que el suelo se seca, y no hay posibilidad de regeneración de humedad debido a falta de lluvia. Esto puede afectar la agricultura si el veranillo ocurre en una fase fenológica muy sensible a la falta de humedad, y que puede a llegar a constituir un problema, no sólo en la agricultura sino también por sus repercusiones socio-económica. También se han identificado veranillos (o veranicos, en portugués) en el nordeste brasileño.

En la Amazonía peruana, los veranillos han sido documentados por Marengo y Sánchez (1985). Estos períodos secos se presentan durante la estación lluviosa entre fines de diciembre e inicios de abril, y han sido detectados en Jenaro Herrera (sur de Iquitos) así como en otras localidades cercanas. Durante los años más secos, estos veranillos tienden a extenderse en duración. Estas anomalías son fácilmente detectables en las series diarias de precipitación, mientras que a nivel mensual aparece como una ligera disminución en la precipitación de los meses más húmedos.

Basado en el análisis de la información diaria de precipitación en Jenaro Herrera (Marengo 1983a, Marengo & Sánchez 1985), se observó que en años considerados promedio, se pueden tener varios períodos secos. La definición del período seco dada por Marengo & Sánchez (1985) está basada en la presencia de una secuencia

continua de 6 días sin lluvia o precipitaciones menores a un milímetro (no interrumpida por tormentas). Hasta 1981, año en que el estudio fue realizado, se observó que en años secos como 1979-80, los períodos sin lluvia fueron muy largos, alcanzando muchas veces hasta 15 días (Tabla 3.7), en medio de la estación lluviosa de verano. En la selva baja norte de Perú, los veranillos se presentan entre enero-febrero, mientras que en estaciones como Pucallpa y Tingo María se presentan en diciembre. En la sierra de Perú ocurren en noviembre.

Tabla 3.7. Características de los períodos secos en verano en Jenaro Herrera, para años secos y húmedos (Marengo & Sánchez 1985).

AÑOS	Inicio	Duración (días)	Intensidad (mm)
1971-72 (húmedo)	6 Diciembre	5	0,0
	17 Febrero	6	0,0
1972-73 (húmedo)	6 Octubre	6	1,4
	16 Noviembre	6	1,0
	16 Diciembre	9	0,0
1978-79 (seco)	11 Diciembre	8	1,3
	22 Diciembre	6	0,0
	3 Enero	18	0,6
	28 Enero	12	0,3
1979-80 (seco)	19 Octubre	6	1,5
	28 Octubre	11	0,0
	9 Noviembre	5	0,0
	17 Diciembre	6	1,0
	17 Enero	6	1,5

La ausencia de lluvias, y las altas temperaturas y condiciones pronunciadamente desencantantes de los períodos secos, pueden alterar grandemente el balance hídrico de cultivos bajo secano. Esto depende de la humedad almacenada en el suelo y del consumo de ésta por las plantas. Condiciones de sequía asociadas a la falta de regeneración de humedad en el suelo, pueden afectar notablemente a los cultivos. Si esta sequía perjudica a las plantas en una etapa de su fenología que sea muy sensible a la falta de humedad, como en la brotación o en la floración o madurez lechosa en el arroz, por ejemplo (Marengo 1983c), la falta de humedad podría resultar en un descenso de la productividad de los cultivos.

En la actualidad, los estudios en ejecución están utilizando métodos más complejos para la definición de veranillo, como el uso de índices derivados por satélite de las condiciones de humedad del suelo. El impacto de los veranillos repercute también en los bosques, además de las regiones aledañas, que es donde generalmente se establecen los cultivos de secano. La falta de humedad también puede afectar a la fauna y flora local, y por supuesto a la población.

No se tienen estudios en la Amazonía sobre los impactos económicos de períodos secos sobre cultivos de frutales y principalmente sobre los árboles madereros. En relación a estos últimos, el impacto de un veranillo largo no se pueden apreciar claramente al año siguiente dada la extensión de su ciclo fenológico, que es más largo que el de un cultivo agrícola. Sin embargo, se puede afirmar que los verani-

llos y friagens son características importantes del clima de la Amazonía, donde estos fenómenos intermitentes pueden reducir sustancialmente las medias mensuales de la precipitación en los meses de verano, y de la temperatura en los meses de invierno.

## LOS "FRIAGENS"

Este fenómeno se relaciona con la penetración de masas de aire provenientes desde latitudes polares del sur y que entran al trópico Sudamericano pocos días después de haber alcanzado el sudeste de Brasil. Tiene varios nombres locales "Friagens" en Brasil, "Surazos" en Perú y Bolivia. En el sur y sudeste de Brasil, se concentran las mayores zonas productoras de café; las olas de frío en éstos lugares pueden favorecer la ocurrencia de intensas heladas, que ocasionan grandes pérdidas en la producción. Esto puede afectar marcadamente los precios mundiales, ya que Brasil es uno de los principales exportadores de café en el mundo. Tal fue el caso de las fuertes heladas de julio 1975 (Parmenter 1976, Marengo 1984) y de junio y julio 1994 (Marengo *et al.* 1997a, b).

En estos eventos, el aire frío hizo sentir su efecto aún en localidades como en Manaus (Amazonía central) y Ji-Paraná (Amazonía sur), donde las temperaturas mínimas fueron muy por debajo de lo normal (Marengo *et al.* 1997b). Básicamente, este es un fenómeno de corta duración (3 a 7 días) que ocurre durante la estación invernal seca, y se relaciona a la entrada de un frente frío, que se mueve de sudoeste a noreste, desde el sur de Argentina. En algunos casos el frente llega a cruzar el ecuador. La masa de aire frío que acompaña al centro de alta presión migratorio entra al continente sudamericano, y una vez al otro lado de los Andes sigue un recorrido paralelo a las montañas hasta llegar a su posición más al norte. El centro del anticiclón se estaciona a aproximadamente  $25-30^{\circ}\text{S}$ , y produce bajas temperaturas en el sudeste de Brasil. Dos a tres días después, el aire frío llega a Iquitos. Para mayor información sobre las características meteorológicas de los friagens, se sugiere revisar los trabajos de Seluchy & Nery (1992) y Marengo *et al.* (1997a).

Entre las características del tiempo observadas durante los friagens, se deben mencionar los fuertes vientos fríos y secos provenientes del sur, las condiciones de cielo claro detectados en la zona, así como los incrementos pronunciados en la presión atmosférica, y disminuciones en la humedad ambiental, que son típicos del paso del frente frío. Los vientos pueden llegar a alcanzar hasta  $6-8\text{ m s}^{-1}$ , adquiriendo una componente del sur. El fenómeno en sí tiene una duración entre 2-4 días (Marengo 1984, Marengo *et al.* 1997b). Esto indica la presencia de advecciones de aire frío del sur, que si bien son menores en magnitud que aquellas medidas en el área sur de Brasil, son suficientemente fuertes para producir enfriamiento en esta parte de la Amazonía. Basados en las observaciones de otros eventos, además de los mencionados en la literatura, se puede advertir el efecto canalizador de los Andes en la trayectoria seguida por la masa de aire frío. De hecho, este efecto puede explicar porque el frío es relativamente más intenso en la Amazonía del oeste (cerca del Iquitos) que en la parte central.



La Figura 3.5 muestra la variación diaria de temperatura del aire en localidades de la Amazonía peruana y brasileña, así como en el sur de Brasil durante el friagem intenso de junio 1994 (Marengo *et al.* 1997a). Se observan las notorias bajas de temperatura en el sur del Brasil, así como el enfriamiento en las estaciones de Amazonía del sur, del centro y del oeste (incl. Iquitos), en comparación con el promedio.

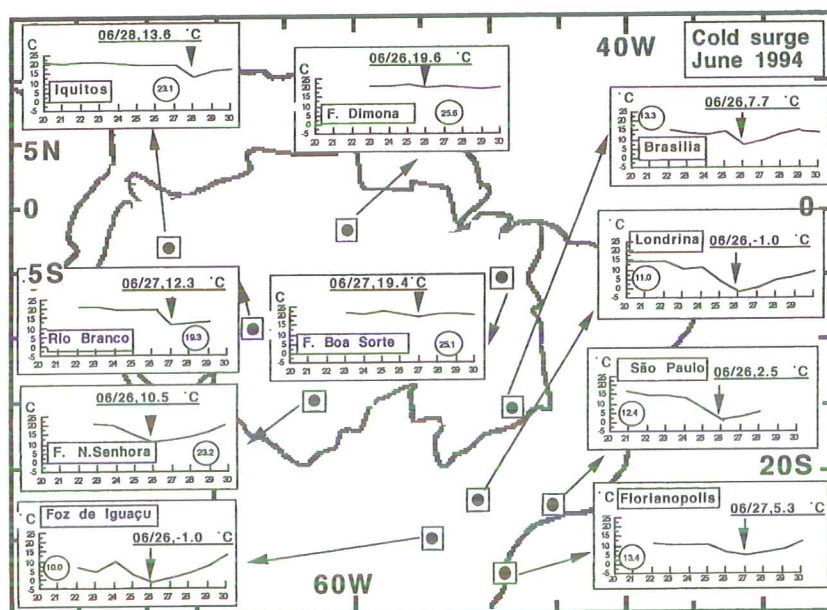


Figura 3.5. Temperatura mínima en estaciones de la Amazonía peruana, brasileña y del suroeste Brasil, durante el Friagem de 20-30 Junio 1994 (Fuente: Marengo *et al.* 1997b).

Aún no se conocen los efectos de las bajas temperaturas sobre la flora tropical. Sin embargo, Brinkmann & Goes Ribeiro (1972) han indicado que bajas temperaturas cerca del suelo tienen un profundo efecto en la biosfera y pedósfera y pueden influenciar, en algún grado, la variedad e importancia de microorganismos fotosintéticos y no fotosintéticos en la interfase suelo-atmósfera, la dinámica biológica y la química de la descomposición de la materia orgánica en los bosques.

## IMPACTOS DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LA AMAZONÍA PERUANA

Una definición simplista de El Niño podría caracterizarlo como un fenómeno climático de carácter global que se gesta en el Pacífico central y cuyos efectos se manifiestan al nivel de todo el planeta. Para obtener mayores detalles sobre El Niño, sus características climáticas, oceanográficas y sus impactos sobre el clima mundial, se sugiere al lector revisar las publicaciones de Ropelewski & Halpert (1987, 1989), y alguna de las muchas "home pages" disponibles en la Internet sobre El Niño en la

"home page" del CPTEC/Brasil ([http://yabae.cptec.inpe.br/products/el\\_ninho/](http://yabae.cptec.inpe.br/products/el_ninho/)), que ofrece conexiones a otros sitios referidos a este fenómeno.

El Niño afecta la Amazonía peruana en diferentes aspectos. Por un lado, incrementa los casos de malaria, dengue, enfermedades diarreicas agudas y ataques de ofidios. Por otro lado se presenta una deficiencia de lluvias en la mayor parte de la región a inicios del verano, lo que afecta la agricultura, el transporte fluvial y la generación de energía hidroeléctrica. El Ministerio de Agricultura ha indicado que debido a El Niño, las siembras en la Amazonía peruana experimentan un fuerte atraso, especialmente en San Martín y sobre todo en Ucayali, afectado por un clima irregular con visos de sequía. Otros impactos se refieren a la actividad de exploración y explotación petrolera, debido a los efectos que las lluvias fuera de época y los niveles excesivamente altos o bajos de los ríos pueden tener sobre el normal suministro de bienes, servicios e insumos a los centros de producción, algunos de ellos ubicados en medio del bosque o a orillas de los grandes ríos.

Diversas investigaciones demuestran que la relación entre El Niño y los extremos climáticos en la Amazonía se presenta como anomalías en la distribución de precipitación, debido a cambios en la circulación regional, inducidas por las aguas anormalmente calientes del Pacífico, y por la gradiente meridional de presión sobre el Atlántico tropical. Sin embargo, la señal del El Niño no es muy intensa en la Amazonía.

Actualmente, debido al presente El Niño 1997/98, se viene prolongando la deficiencia de lluvias en la mayor parte de la región; en algunas zonas de la selva alta norte esta escasez llega a un 90 %, y en la selva baja central a un 60 %. En cambio en el centro y sur de la selva alta está empezando una época de precipitaciones de magnitud superior al promedio. Salvo en Pucallpa con 2 °C, no son importantes las anomalías de temperatura en este verano 1997/98. La Tabla 3.8 muestra las anomalías de temperatura del aire en la Amazonía peruana, para fines de 1997 e inicios de 1998.

Tabla 3.8. Anomalías de la temperatura del aire en la Amazonía peruana en °C (Fuente: SENAMHI).

ZONAS	NOVIEMBRE 1997		DICIEMBRE 1997		ENERO 1998	
	Temp. máx.	Temp. mín.	Temp. máx.	Temp. mín.	Temp. máx.	Temp. mín.
Iquitos	+ 0,2	- 0,5	+ 0,7	- 0,7	+ 1,6	- 0,1
Taparapoto	+ 1,2	+ 1,8	+ 0,1	+ 1,7	- 0,4	+ 2,2
Pucallpa	+ 1,4	+ 2,3	+ 2,1	+ 1,7	+ 2,2	+ 1,7
P. Maldonado	+ 2,3	+ 2,0	+ 1,4	+ 1,9	+ 1,7	+ 1,3

En el verano de 1998, las condiciones del tiempo en la selva peruana fueron correctamente descritas por el diario *El Comercio* de Lima, Enero 2 1998: "Selva Norte: Clima irregular con lluvias y sol a diversas horas, caudales de los ríos se mantienen estables en la región; selva central: Lluvias irregulares de poca intensidad en Junín y Pasco; selva sur: Precipitaciones normales para la época, en Puerto Maldonado se presentan lluvias en forma normal y se mantienen las altas temperaturas".

Recientes noticias de marzo y abril indican las acciones que ha emprendido el gobierno para ayudar a los damnificados en la provincia de Maynas en Loreto, debido a las fuertes lluvias y subsecuentes inundaciones. En la Amazonía brasileña del norte, debido a una anormal extensión de la estación seca, se desataron incendios forestales extensos que destruyeron grandes áreas de vegetación de bosque, y el humo afectó a las poblaciones de las ciudades amazónicas. En Manaus, el suministro eléctrico fue restringido a pocas horas del día durante el verano 1997/98. El volumen de agua almacenado en la represa de Balbina fue inferior a la mitad de lo normal, debido a la poca lluvia y en consecuencia a los bajos niveles del río Negro, afectando también el transporte fluvial.

Como se indica en la Figura 3.1, algunos años de El Niño se caracterizan por precipitaciones por debajo de lo normal en Iquitos. Los niveles de los ríos Amazonas en Iquitos y Ucayali en Pucallpa muestran también esta tendencia. Sin embargo, la correlación entre la ocurrencia de El Niño y niveles de ríos en la Amazonía peruana no es muy clara. Los niveles del río Amazonas en Iquitos mostraron valores anormalmente bajos en 1983 (año de El Niño) y 1988 (Kalliola & Puhakka 1993: 12), mientras que valores anormalmente bajos no fueron detectados durante El Niño 1987. Esto indica que aunque la lluvia en la región pueda mostrar una tendencia de valores anormalmente bajos durante años de El Niño, no todos los años secos pueden ser atribuidos a este fenómeno. Los niveles del río Amazonas medidos en Iquitos representan una gran área de drenaje que no reflejan necesaria y consistentemente la señal de El Niño, aunque la precipitación en la parte alta y media de la cuenca puede mostrar los impactos del mismo.

Richey *et al.* (1989) y Guyot (1997) indican de que el río Solimões (como se conoce en Brasil al río Amazonas hasta antes de su confluencia con el río Negro en Manaus), debido a su gran volumen y área de drenaje, presenta un efecto de "remanso", que puede afectar sensiblemente las medidas de niveles en Iquitos y en otros puntos de medición en los tributarios que convergen con el canal principal, así como los niveles del río Negro en Manaus (Meade *et al.* 1991). Esto, de hecho, puede ser responsable por las bajas correlaciones observadas entre la ocurrencia de El Niño y niveles relativamente bajos de los ríos Amazonas, Negro, Purús, Madeira, Tapajoz y Xingú. Esto es importante puesto que estudios anteriores (Chu & Hastenrath 1982) indican que el río Solimões contribuye con 2/3 del volumen del río Amazonas, y el río Negro con 1/3 restante. Sólo en años de El Niño muy intenso, como 1982/83 y el actual evento 1997/98 se tiene una fuerte señal en los niveles de los ríos en la Amazonía norte y oeste.

## CLIMA Y AGRICULTURA EN LA REGIÓN

En la época de menor lluvia, se inician las labores de preparación de tierras y las quemas para el establecimiento de las siembras en toda la región; siendo también cuando los ríos Amazónicos descienden su caudal a su volumen más bajo. Ello permite la aparición de depósitos aluviales muy recientes, de tierras fértiles conocidas en la selva baja como "barrales". Son muy importantes puesto que en ellas se practica una agricultura temporal, riesgosa, de corta duración, sobre la que se



siembran la mayoría de los cultivos alimenticios de subsistencia para la población Amazónica. En los períodos de máximas lluvias, se producen desastrosas inundaciones que destruyen las siembras y viviendas, con el consiguiente impacto en la población local.

En términos generales, la selva presenta un clima favorable para el desarrollo de la actividad agrícola durante el año, lo que se manifiesta por la adecuada precipitación pluvial, temperatura y radiación solar. No se observan riesgos de heladas o descensos bruscos de temperatura que puedan hacer peligrar los cultivos, aun cuando se observen los friagens. El clima constituye una limitante sólo en las condiciones de extrema sequía pluvial, que pueden presentarse en algunas zonas y en algunos años extremos.

Las actividades agrícolas en tierra firme y las operaciones de extracción de madera están sufriendo modificaciones debido a la "irregularidad" del clima (Flores, comunicación personal 1998). La siguiente sección muestra una evaluación de los cambios de clima en la región, desde el punto de vista de observaciones. Se ha advertido que las actividades agrícolas en tierra firme se han alterado: anteriormente la preparación de terreno se hacía en los meses secos de junio-agosto, y la siembra en setiembre-octubre. Ahora ya no se tiene seguridad. Las lluvias se retrasan afectando la siembra o se adelantan afectando la preparación del terreno. Si las lluvias no se presentan en el tiempo oportuno, se puede perder la campaña agrícola. Si las lluvias ocurren en la siembra, a veces aparece un veranillo y las plantas se secan. En los últimos años, se han generalizado las inundaciones inusuales con pérdida de todas las cosechas, al punto que los agricultores migran para las tierras más altas y cambian la localización de sus caseríos. En lo referido a la extracción de madera, la selección, tumba y trozado de los árboles se realiza esperando que las lluvias ocurran desde setiembre. Ahora bien, la madera puede quedarse en el monte, debido a la carencia de lluvias en los momentos previstos, impidiendo que lleguen a las quebradas para facilitar su transporte. Otras observaciones de cambio constituyen, la alteración de la fenología reproductiva de las especies cultivadas y del bosque; en general la reproducción fue menor (por ejemplo *Bactris gasipaes*, *Povequiaba sericea*) ó no se presentó (*Couepia dolycopoda*). La actividad de pesca fue también alterada, al no presentarse el período de migraciones "mijano", que en su conjunto afectan la economía de los campesinos.

## VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LARGO PLAZO

Para determinar la presencia de tendencias climáticas con cierta confiabilidad en el clima del presente, se analizaron series históricas de lluvias y descargas de ríos desde inicios del siglo actual. La importancia en el estudio de la variabilidad hidrometeorológica de largo plazo es que está ligada a la administración y manejo de recursos hidrológicos, lo que a su vez afecta los asentamientos humanos, la agricultura, el transporte, la generación de energía hidroeléctrica, etc. En esta sección,

se hace una revisión de los resultados emanados de algunas experiencias de estudios descriptivos y de modelamiento climático efectuado en la región.

Estudios previos han usado descargas de ríos como indicadores climáticos en la región (Tardy *et al.* 1994, Molion & Moraes 1987, Rocha *et al.* 1989, Richey *et al.* 1989, Marengo 1992, Marengo 1995, Marengo *et al.* 1998). Los resultados no indican tendencias climáticas hacia condiciones más secas o húmedas, como se podría esperar del impacto provocado por la deforestación en la Amazonía. Lo que se encontró fue una alta variabilidad inter-anual (debido en parte a efectos de extremos de la Oscilación del Sur, asociados a El Niño), así como la presencia de períodos de años anormalmente secos o húmedos, indicadores de una variabilidad interdecadal observada en el sector Atlántico (Marengo 1995, Wagner 1996). En la Amazonía del oeste, Chu *et al.* (1995) se observa un aumento sistemático de la convección (principal mecanismo productor de lluvia en la región) desde mediados de 1970, pero esto no se refleja en los registros de los niveles del río Negro en Manaus, ni en los registros de lluvia en la región. Ahora bien, los niveles del río Negro pueden presentar el efecto de remanso disfrazando la señal climática. Trabajos iniciales de Gentry & Lopez-Parodi (1980) describen posibles incrementos en la frecuencia de inundaciones cerca de Iquitos, debido a una deforestación progresiva en la parte alta de las cuencas de los ríos en la Amazonía, en el alto Amazonas de Perú.

Es interesante resaltar los resultados presentados por Dias de Paiva & Clarke (1995), que indican una tendencia negativa de la precipitación sobre buena parte de la Amazonía del norte y en la cuenca del río Xingu. Sin embargo, ellos se basaron en series de precipitación muy cortas, de hasta 15 años, y las tendencias no son estadísticamente significativas. Tardy *et al.* (1994) mostraron que entre 1910 y 1990 las lluvias y las descargas del río Amazonas han disminuido sistemáticamente, pero ellos basaron sus resultados en una sola estación de lluvia y en los registros de Obidos, que no son necesariamente homogéneos en todo el período de tiempo analizado.

En relación con la temperatura del aire, los registros de temperatura en Iquitos no son continuos ni homogéneos para estudios de tendencias climáticas. Hansen & Lebedeff (1985) y Hansen *et al.* (1996), demostraron que la variación de temperatura en América del Sur es mínima. Sasingolo *et al.* (1992) evaluaron las tendencias de temperatura del aire en varias ciudades de Brasil, e identificaron incrementos significativos al 95% en Belén, mientras que se detectaron incrementos no significativos en Manaus y Cuiabá (Amazonía del Sur). Victoria *et al.* (1998) analizaron los registros de 17 estaciones en la Amazonía, para el período 1918-95. Ellos observaron una tendencia positiva de  $+0,63^{\circ}\text{C}$  en cien años, lo que es ligeramente mayor que la tendencia identificada para el Hemisferio Sur ( $+0,56^{\circ}\text{C}$  en cien años) de Hansen y Lebedeff. Los resultados indican que las tendencias empezaron a ser significativas a inicios de los años 1970.

En un escenario de cambio climático, se puede esperar que las variaciones en los niveles de los ríos de la Amazonía puedan dificultar el transporte de alto cabotaje, lo que afectaría a su vez la economía de Iquitos. Observaciones actuales indican que en comparación con 1987, la temperatura máxima del aire parece ser  $2,5^{\circ}\text{C}$  más caliente en 1997, y la mínima  $1,5^{\circ}\text{C}$ , más fría (Flores, comunicación personal). Asi-

mismo, se observó una baja del nivel del río Amazonas en Iquitos de 1,5 m s.n.m en 1997 al compararlo con 1993. Esto podría explicarse como parte de la variabilidad interdecadal, en vez de un cambio climático hacía condiciones más secas y cálidas, lo que se podría esperar como consecuencia de la deforestación o de una intensificación del efecto invernadero de la atmósfera.

En la Amazonía, las mayores tasas de deforestación se observan en la parte suroeste y este de la cuenca, las que no son precisamente las partes más húmedas de dicha cuenca. El Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), de Brasil, a través del PRODES (Programa de Monitoreo de Deforestación en la Amazonía) desarrolló un sistema basado en imágenes de satélite Landsat para evaluar el ritmo de deforestación en la Amazonía brasileña. Los valores estimados de las áreas deforestadas aparecen en Tabla 3.9, y se puede desprender que ha habido un incremento de 33 % en la tasa anual de deforestación, variando de 0,30 % en 1991 (11 130 km<sup>2</sup>) a 0,40 % en 1994 (14 989 km<sup>2</sup>). La deforestación ocurrió mayormente en los estados brasileños de Pará, Mato Grosso, Rondônia y Acre (este y extremo suroeste), lo que corresponde a la frontera agrícola, mientras que en los otros estados amazónicos (Amazonas, Amapá, Roraima, Maranhao y Tocantins) disminuyó la actividad de deforestación. Los mapas preparados basándose en las imágenes de Landsat indican que la deforestación afecta más a la vegetación de sabana y no tanto al bosque húmedo tropical.

Tabla 3.9. Deforestación promedio en la Amazonía brasileña (km<sup>2</sup>año<sup>-1</sup>). Fuente: PRODES/INPE.

ESTADO	1978-1988*	1988-1989	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1994**	1994-1995	1995-1996
Acre	620	540	550	380	400	486	1208	433
Amapá	60	130	250	410	36	-	9	-
Amazonas	1510	1180	520	980	799	370	2114	1023
Maranhao	2450	1420	1100	670	1135	372	1745	1061
Mato Grosso	5140	5960	4020	2840	4674	6220	10391	6543
Pará	6990	5750	4890	3780	3787	4284	7845	6135
Rondônia	2340	1430	1670	1110	2265	2595	4730	2432
Roraima	290	630	150	420	281	240	220	214
Tocantins	1650	730	580	440	409	330	797	320
Amazonía brasileña	21130	17860	13810	11130	13786	14986	29059	18161
% por año	0.54	0.48	0.37	0.30	0.37	0.40	0.81	0.51

\* Promedio de la década 1978-88

\*\* Bienio 1992-94

Los resultados arrojados por los modelos climáticos que han simulado la deforestación (Nobre *et al.* 1991, Zeng *et al.* 1996) estiman una disminución de 15 a 30 % en la precipitación, y un incremento de hasta 3 °C de la temperatura en la Amazonía, asumiendo que toda la región fuese deforestada. Mientras tanto, hasta el presente no hay evidencias provenientes de observaciones sobre cambios climáticos significativos en el ciclo hidrológico en la región. Los estudios sobre incremento de CO<sub>2</sub> y cambios climáticos en la Amazonía no son del todo concluyentes y fueron realizados utilizando modelos globales de clima. Debido a que no existe un consen-



so entre los resultados de los modelos, es difícil de decir si los cambios climáticos previstos son realistas o no. Algunos modelos predicen reducciones en el volumen del río Amazonas en casi un 50 % (Miller & Russell 1992), pero el modelo usado representa inadecuadamente la hidrología del río en las condiciones climáticas actuales. Un trabajo reciente (Yates 1998) compara las simulaciones de 4 modelos globales de clima debido a un incremento de CO<sub>2</sub> (2 x CO<sub>2</sub>). Los resultados muestran incrementos en la temperatura del aire en Amazonía entre 3,2-5,0 °C, mientras que los modelos no concuerdan en la tendencia de la precipitación, mostrando aumento o reducción de la misma en la cuenca.

Debe indicarse, que cuando se hacen evaluaciones de variaciones de temperatura o precipitación debido a incrementos de CO<sub>2</sub> en modelación climática, los resultados para cada país deben evaluarse con mucho cuidado, si se tiene como finalidad hacer una evaluación nacional de recursos hidrológicos para la planificación. Muchos de los modelos no representan de manera realista el ciclo hidrológico, y muchas veces la resolución del modelo es muy pobre. Lo que sí es importante indicar es que los modelos resaltan la alta sensibilidad de la precipitación y temperatura, no sólo debido a la deforestación sino también al incremento de CO<sub>2</sub>. América del Sur en general muestra una gran sensibilidad hidroclimática a nivel regional, y se necesitan estudios detallados en diferentes escalas espaciales y temporales para evaluar con certeza la vulnerabilidad de algunas regiones a un cambio climático.

## CONCLUSIONES

Climáticamente, la región de Iquitos se caracteriza como cálida y húmeda, con precipitaciones mayores de 2000 mm año (promedio 3087 mm), distribuidos de tal forma de que no hay una estación seca definida. En estaciones de observaciones en la Amazonía del sur, sí se observa una estación seca (precipitaciones mayores de 50 mm). Generalmente no se sufre por limitaciones en la falta de agua, pero sí debido a excesos. La precipitación generalmente supera a la evapotranspiración y el balance hídrico mensual indica una buena disponibilidad de agua. El Atlántico tropical es una fuente de humedad para la Amazonía, en los llamados períodos secos o "veranillos", que se detectan en la Amazonía y en la sierra peruana durante la estación lluviosa. Este veranillo se presenta como una serie sucesiva de días secos y no es detectable en los totales mensuales. Estos períodos secos pueden tener un gran impacto en la agricultura de cultivo de secano, pudiendo producir sequía fisiológica debido a un desbalance hídrico. La deficiencia de agua puede afectar a los cultivos, como arroz, en etapas sensibles de su ciclo fenológico a la falta de agua. La estacionalidad de las lluvias se refleja también en la estacionalidad de la variación de los niveles y descargas de los ríos Amazónicos.

En lo que se refiere al régimen térmico, la temperatura media excede a los 24 °C, con las máximas medias entre 28-30 °C y las mínimas entre 17-20 °C. Durante la época de friagem, entre mayo-setiembre, las masas de aire cálido y húmedo que dominan en la región son súbitamente desplazadas por masas de aire frío y seco que vienen de regiones polares del sur. La penetración de estas masas de aire frío

en la Amazonía ocurre entre 24 a 48 horas después de que dichas masas de aire han impactado las zonas cafetaleras del sudeste de Brasil, donde pueden producir intensas heladas. La duración de este evento es de 3-5 días, y es caracterizado por días despejados y fríos, con calmas, precedidos por días nubosos, de vientos fuertes del sur, indicadores de una fuerte advección de aire frío del sur. Entre los eventos más intensos registrados en la Amazonía, se tienen los casos de julio 1975 y junio y julio 1994.

Basados en los análisis de los componentes climáticos en Iquitos y regiones adyacentes, la región presenta un clima favorable para la actividad agrícola durante el año. No hay un gran riesgo de heladas como en la sierra de Perú. El clima es una limitante sólo en condiciones de extrema sequía, la que pueden presentarse en algunas zonas y en algunos años extremos.

El fenómeno El Niño afecta la precipitación en la región, aunque la señal no sea tan fuerte como en la costa norte de Perú. Los registros de precipitación en la Amazonía peruana, aunque muy cortos o con muchos meses carentes de información, indican alguna tendencia de lluvias por debajo de lo normal durante los veranos de El Niño muy fuerte. Las series de niveles del río Amazonas en Iquitos son muy cortas, y aun así el efecto de remanso de toda la cuenca del Amazonas en Perú puede afectar las cifras en Iquitos. Esto produce una señal extra que complica la asociación entre condiciones de El Niño y niveles del río Amazonas.

Conviene indicar a este respecto que la red meteorológica en la zona de Iquitos, así como en muchos puntos de la selva peruana se está deteriorando. Algunas de las estaciones están siendo cerradas debido a los altos costos de operación, mientras que otras están siendo re-ubicadas. Ello explica que la realización de estudios de variabilidad de tiempo y clima en la Amazonía peruana sean limitados. Por otro lado, se ha observado un enorme interés de las instituciones científicas peruanas en la Amazonía (IIAP, SENAMHI, universidades) en el monitoreo y evaluación de los impactos de El Niño. Como se sabe, este fenómeno sucede desde hace miles de años y no es consecuencia de la actividad humana ni de la deforestación. El Niño va a ocurrir de nuevo en un futuro próximo, y los problemas generados por este fenómeno no se resuelven enviando dinero del gobierno central para la mitigación de daños. Se tiene que planificar el futuro en términos de un monitoreo constante de los niveles de los ríos Amazónicos y de las variables de clima en la región, lo que implicaría una ampliación de la red hidrometeorológica en la región.

En relación a los cambios climáticos, las observaciones no muestran una clara tendencia de estos hacia condiciones más secas o húmedas, debido a la deforestación o al incremento de CO<sub>2</sub> en toda la Amazonía. Lo que se observa es una variabilidad interanual asociada en algún grado a El Niño, y la presencia de períodos de años relativamente secos o húmedos que muchas veces pueden ser confundidos como señales de cambio climático. Esta sucesión de períodos secos y húmedos es parte de la variabilidad natural del clima y es independiente del impacto antropogénico. Finalmente, debe indicarse que los escenarios climáticos debido a la deforestación o al incremento de CO<sub>2</sub> producidos por modelos, si bien no son 100 % realistas, al menos dan una indicación de lo que podría suceder con el clima en el futuro. Los gobiernos locales y central deben de tomar en cuenta estas previsiones y elaborar políticas de mitigación de desastres, para aminorar los daños debidos a

un posible cambio climático. Las actividades humanas (agricultura, transporte, vivienda, etc.) serán seriamente afectadas, y es una obligación de los investigadores y políticos planear el futuro, en términos de usos de recursos hidrológicos para actividades humanas, y evaluar la vulnerabilidad de las ciudades y poblaciones, para cuando los efectos de cambios climáticos se dejen sentir.





# CAPÍTULO 4

## GEOLOGÍA Y GEOFORMAS DE LA ZONA DE IQUITOS

Matti Räsänen, Ari Linna, Georg Irion, Luisa Rebata Hernani, Roque Vargas Huaman y Frank Wesselingh

---

### RESUMEN

El área de Iquitos está localizada entre el cratón de Guayana-Brazil hacia el Este y las cuencas del antearco andino hacia el Oeste y Sur. Durante el Cenozoico hasta hoy día la formación y levantamiento de los Andes han determinado en gran escala la evolución geológica, la distribución de las formaciones geológicas y la formación de las geoformas modernas en los alrededores de Iquitos.

En el área de Iquitos se han diferenciado seis unidades geológicas, cuya distribución espacial se presenta en un mapa geológico preliminar, a saber (1) la Formación Pebas, (2) la Unidad canalizada de Porvenir (Unidad B), (3) la Unidad canalizada de Nauta (Unidad C), (4) la Unidad las arenitas de Iquitos, (5) los depósitos de terrazas fluviales y (6) los depósitos de la llanura aluvial de los ríos actuales. Los sedimentos de cada unidad tienen diferentes edades, propiedades físicas, geoquímicas, mineralógicas y geomorfológicas propias. Por esta razón, la meteorización y lixiviación del trópico ha afectado cada unidad, de una manera característica, resultando en condiciones edáficas diferentes.

Las unidades geológicas son el resultado de los procesos geológicos que han estado actuando en el área en los últimos 18 Ma (millones de años). Hace aproximadamente 18 a 12 Ma la región de Iquitos formaba parte del inmenso sistema del "Lago Pebas", que cubría grandes áreas de la Amazonía occidental. La Formación Pebas fue depositada en el sistema del "Lago Pebas", que fue de aguas someras, en una cuenca subsidente que probablemente estuvo siempre cerca al mismo nivel del mar, y que pudo haber tenido una conexión estrecha con el mar. Hace unos 12 Ma la(s) incursión(es) marina(s) ingresó(aron) a la cuenca lacustrina por el Norte depositando a la Unidad B, produciendo un incremento en la influencia de la depositación fluvial de los ríos de origen andino depositando a la Unidad C. Hace unos 8 Ma, el río Amazonas tomó finalmente su curso actual de Oeste - Este. Como consecuencia de ello, gradualmente debió ocurrir una transición a las condiciones fluviales modernas con la depositación de las arenitas de Iquitos, los depósitos de terrazas aluviales y las llanuras aluviales de los ríos actuales.

*En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114: 59-137.*

## INTRODUCCIÓN

En el último siglo varios autores han realizado investigaciones geológicas en la parte norte de la Amazonía peruana (Loreto) y en los alrededores de Iquitos. Se ha estudiado una gran variedad de tópicos, desde la descripción de las secuencias fluviales hasta la paleontología de moluscos; sin embargo, aún no existe una síntesis de la geología y geoformas de las regiones ya mencionadas. Existe información detallada de la palinoestratigrafía del Mioceno o de la estratigrafía de ciertas formaciones geológicas; pero, por ejemplo, no está disponible un mapa confiable de la geología regional del área.

La falta de un contexto geológico regional en la zona, impide un estudio y reconocimiento eficiente y eficaz de las propiedades edáficas y por lo tanto, limita la investigación de la biodiversidad y el uso sustentable de la tierra. El objetivo de este capítulo consiste en proporcionar una síntesis geológica del área de Iquitos, por medio de la descripción y la cartografía de las formaciones geológicas aflorantes y de las unidades geomorfológicas relacionadas con las mismas, para reconstruir la evolución depositacional y de meteorización, y para resolver las dudas existentes.

Bajo el subtítulo: "Resultados e interpretaciones" se describen los resultados geológicos detallados obtenidos a partir de los afloramientos en diferentes localidades, usando una terminología geológica específica y detallada. Es por eso que la presentación detallada de los resultados podría ser un tanto difícil de entender para las personas que no tengan conocimientos básicos de geología. Por la misma razón, en el Apéndice 4.1 se dan definiciones de la terminología geológica empleada en el texto para beneficio de los lectores en general (ver también Apéndice 5.1 del Capítulo 5 y el Capítulo 12). Por otro lado, la terminología empleada bajo los subtítulos "Interpretaciones", "Síntesis" y "Conclusiones" ha sido específicamente diseñada para que sea entendible para un amplio rango de lectores.

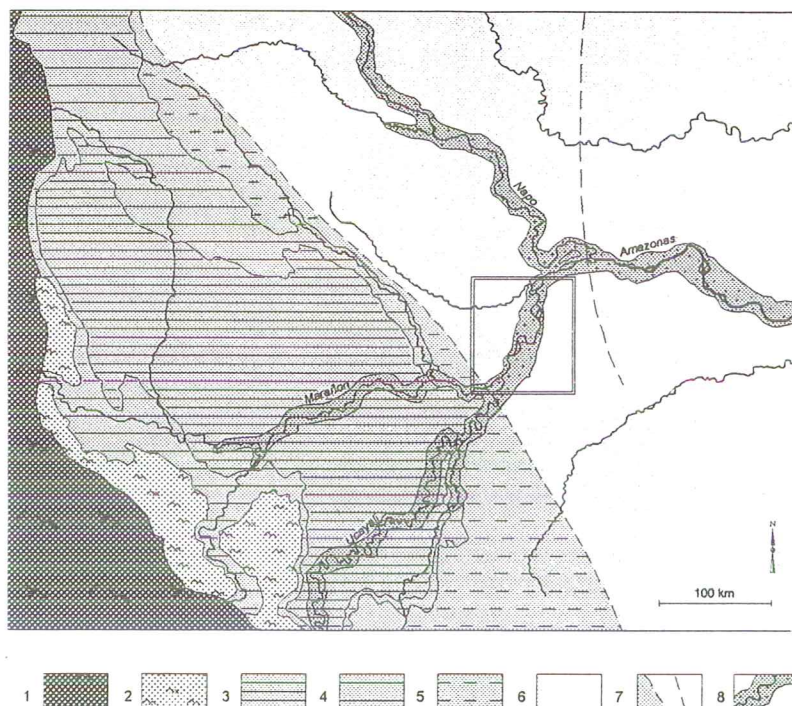
## ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

### TECTÓNICA Y MARCO ESTRUCTURAL

El área de estudio está localizada en una zona de transición entre el cratón de Guayana-Brazil hacia el Este y las cuencas del antearco andino hacia el Oeste y Sur (Figura 4.1). Desde el Mesozoico la deriva del geobloque ("placa tectónica") de América del Sur esta ocasionando la subducción del geobloque marino de Nazca, el cual se desplaza hacia el Este. Los Andes se formaron debido a las fuerzas liberadas por los esfuerzos compresivos generados en las márgenes de los geobloques. Este patrón estructural determinó en gran escala la evolución geológica y la formación de



las geoformas modernas en los alrededores de Iquitos (Dumont *et al.* 1988, Dumont & García 1991, Räsänen *et al.* 1990).



**Figura 4.1.** Contexto geo-tectónico de la Amazonía occidental y la ubicación del área de estudio. 1= Andes, 2=Márgenes en levantamiento de la subcuenca de antearco de Pastaza - Marañón, 3=Área de activa agradación fluvial del Pleistoceno y Holoceno en la subcuenca de antearco de Pastaza - Marañón, 4=Otros sectores de la subcuenca de antearco de Pastaza - Marañón, 5=Área supuesta de la cuenca de antearco de la Amazonía, 6=Depósitos del Neógeno con relieve disectado, 7=Zona positiva periférica supuesta y un anticlinorium, 8=Llanuras de inundación confinadas a lo largo de los ríos principales. En el gráfico, el área de estudio está marcada por el rectángulo.

A pesar que los Andes están ubicados aproximadamente a 400 ó 500 km al oeste de Iquitos, los esfuerzos conectados con su continuo levantamiento son transmitidos activamente a la corteza continental del área de estudio. El área de Iquitos está localizada en el borde oriental de la cuenca del antearco de Pastaza - Marañón, una cuenca de antearco dónde el peso de las masas plegadas e inversamente falladas de las rocas sedimentarias de la corteza superior andina y sus productos erosivos, ocasionan el hundimiento del basamento cristalino en que infrayace la cuenca. La subsidencia y agradación han sido mayores cerca a los Andes y disminuyen hacia el Este de Iquitos.

El área de Iquitos puede ser considerada como parte de la zona positiva periférica de la cuenca de antearco de Pastaza - Marañón, y su levantamiento estaría por lo

tanto, relacionado con la subsidencia en las cuencas de antearco (Lyon Caen *et al.* 1985). Hasta el momento, la ubicación de la zona positiva periférica es incierta.

Los Andes son una cadena de montañas en levantamiento, y la tectónica y sismicidad relacionadas con este levantamiento, se encuentran presentes también, aunque en forma moderada, en la selva baja peruana. La tectónica relacionada con el flexuramiento del basamento en el área de Iquitos y la cuenca de Pastaza - Marañón ha sido mayormente una tectónica de bloques de tipo extensional. Las fallas normales con direcciones predominantes hacia el Noroeste - Sudeste y que atraviesan las formaciones geológicas superficiales con un salto vertical desde unos pocos decímetros hasta un metro, han estado activas durante el Pleistoceno y el Holoceno (Dumont *et al.* 1988).

El efecto de las tectónicas del Holoceno, y más recientes, se puede observar en el comportamiento actual de los ríos Marañón y Ucayali, cuyos cauces principales modernos fueron desviados al Norte, Noroeste y Sudeste, respectivamente, hacia las márgenes de la llanura de inundación (depresión) Ucamara (Dumont *et al.* 1996). El cambio abrupto de un ambiente de tierra firme no inundable a una zona pantanosa con inundaciones anuales, en la zona de Punga en los años 1927-29 (Dumont & García 1991), indica la actividad tectónica aún existente en las márgenes de la llanura de inundación Ucamara entre los ríos Ucayali y Marañón.

## UNIDADES GEOLÓGICAS DESCRITAS

En el área de estudio solamente afloran sedimentos del Mioceno o más recientes. Este capítulo trata la historia depositacional, los patrones de meteorización y la extensión de las unidades geológicas aflorantes en el área de investigación. De los estudios previos disponibles se pueden distinguir tres grupos diferenciados de depósitos sedimentarios, a saber:

- (1) La Formación Pebas. Comprende depósitos formados hace unos 18 a 10 millones de años en un paleo-lago (aproximadamente Mioceno Medio) de la Amazonía occidental con episodios fluviales y perimarineros alternantes (Horn 1994, Räsänen *et al.* 1995, Vonhof 1998). Sus depósitos están conformados por lodolitas (arcilitas) bien estratificadas e intercaladas con horizontes de arenitas, junto con extensos horizontes de lignito. El alto contenido de fósiles de bivalvos, gasterópodos y restos de vertebrados también caracteriza a esta formación.
- (2) Otras formaciones Neógenas: la Formación Ipururo en la cuenca Pastaza - Marañón está conformada por depósitos fluviales que sobreyacen a la Formación Pebas (Kummel 1948). La Formación Ipururo fue definida (Guizado 1986) y dividida en dos: las Formaciones Marañón y Corrientes. La Formación Marañón ha sido descrita como arcillosa de color gris a rojo con cierto matiz amarillento a rosáceo junto con un cierto contenido de margas (menos del 30 %) del mismo color. Sobreyaciendo en forma concordante a la Formación Marañón se encuentra la Formación Corrientes, cuyos sedimentos comprenden arenitas de grano fino a conglomerados. Las arenitas son similares a las de la Formación Marañón, pero de grano más grueso. En la cuenca de



Pastaza - Marañón las arenitas son cuarcíferas con un contenido de fracciones líticas menor del 20 %. Los sedimentos de todas estas formaciones se caracterizan por ser casi imposibles de datar con precisión por los métodos existentes. Los depósitos de arenitas blancas reportados en los alrededores de Iquitos (Veillon & Soria-Solano 1988, Räsänen *et al.* 1992) también se encontrarían dentro de este grupo. La Formación Iquitos reportada por Ruegg & Rosenzweig (1949) y ONERN (1976) comprendería tanto a depósitos que hoy en día son asignados a la Formación Pebas, como a las formaciones Neógenas sobreyacentes.

- (3) Algunos de los depósitos de las terrazas fluviales en Jenaro Herrera han sido estudiados por Dumont *et al.* (1988). La terraza Pumacahua, que se encuentra a unos metros más arriba que el actual nivel máximo de las aguas del río Ucayali, ha sido datada como de 40 000 años BP (BP = datación por el método de carbono-14, en años antes del presente) o más de antigüedad. Una muestra de madera extraída de la parte inferior de la terraza Chupiari presenta una edad de 13 000 años BP, según datación. La Formación Sapuenilla, reportada por Dumont *et al.* (1988) y que estaría ubicada en una posición superior a las dos terrazas ya mencionadas en este acápite, y localizada en la tierra firme, ha sido interpretada como de origen fluvial. Dumont *et al.* (1988) sugieren tentativamente una edad del Plio-Pleistoceno para esta formación, aunque no se encuentre disponible ningún material paleontológico para una datación absoluta o relativa.

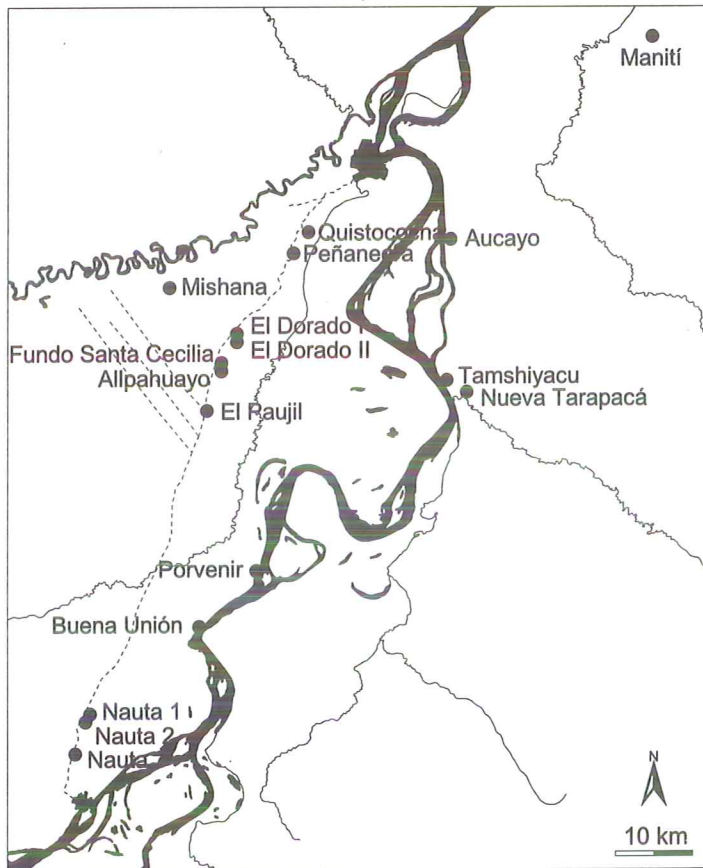
## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente estudio se llevaron a cabo investigaciones detalladas de campo, en depósitos del Neógeno - Cuaternario y en las llanuras de inundación recientes dentro del área de estudio (Figura 4.2, Tabla 4.1). La toma de datos estratigráficos se realizó a una escala de 1 : 2,5 / 5 en diferentes localidades a lo largo de las riberas de los ríos y en las secciones creadas a lo largo de los caminos o carreteras. La descripción de las secciones estudiadas y agrupadas según las unidades geológicas definidas, se presenta continuación. La coloración de los depósitos fue determinada utilizando la tabla de colores de suelos de Munsell. La ubicación de algunas de las secciones estudiadas fue determinada con la ayuda de un sistema de posicionamiento geográfico global (GPS= *Global Positioning System*).

En lo que se refiere a los estudios mineralógicos, los análisis fraccionométricos fueron realizados utilizando tamices y tubos de sedimentación para la separación de los diferentes tamaños de granos, y el contador automático de rayos X (marca Coulter LS 200) fue utilizado para el análisis de las diferentes fracciones divididas con el procedimiento anterior (Tabla 4.2). Para este estudio, se utilizaron la escala fraccionométrica y la nomenclatura de Udden-Wentworth. En total, se dispuso aproximadamente de 150 muestras para el estudio mineralógico, las cuales fueron separadas en sus diferentes fracciones según los tamaños de grano. Para la difracción de rayos X (DRX), la fracción < 2 µm, y en algunos casos también las frac-



ciones 2-6  $\mu\text{m}$  y de 6-20  $\mu\text{m}$  fueron separadas con la ayuda de tubos de sedimentación.



**Figura 4.2.** Mapa de ubicación mostrando las localidades de los afloramientos descritos en el área de estudio.

La composición mineralógica de la fracción  $< 2 \mu\text{m}$  Tabla 4.3 usando muestras tratadas  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^{+}$  y  $\text{Mg}$  con etilenglicol (EG), fue determinada por DRX. En algunas muestras la mineralogía de las fracciones mayores también fue determinada por DRX. Para las principales unidades geológicas se llevó a cabo un análisis completo de fluorescencia de rayos X (FRX), para la fracción  $< 2 \mu\text{m}$ . Para un mejor entendimiento sobre esta fracción  $< 2 \mu\text{m}$  y sus análisis, ver los recuadros "Mineralogía de arcillas" y "Los métodos DXR y FRX".

**Tabla 4.1.** Los afloramientos estudiados, su ubicación y las unidades geológicas aflorantes. Las distancias en km a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta se miden desde la intersección con el Aeropuerto.

AFLORAMIENTO ESTUDIADO	Ubicación	Unidad geológica aflorante
<b>Tamshiyacu</b>	Afloramiento en la ribera oriental del río Amazonas, 1 km al S del Puerto. GPS: 4°00,542'S, 73°09,420'O	Formación Pebas y algunos depósitos de terrazas
<b>Porvenir</b>	Afloramiento en la ribera occidental del río Amazonas, a un nivel más inferior que la villa. GPS: 4°13,444'S, 73°22,194'O	Formación Pebas y Unidad B
<b>Allpahuayo</b>	Lado occidental de la carretera Iquitos-Nauta Km 27,8. GPS: 3°58,560'S, 73°25,231'O	Formación Pebas y Unidad B
<b>Buena Unión</b>	Afloramiento en la ribera occidental del río Amazonas, a un nivel más inferior que la villa. GPS: 4°17,842'S, 73°26,373'O	Unidad B
<b>Nauta 1</b>	Carretera Nauta - Iquitos km 13,5. GPS: 4°24,655'S, 73°34,744'O	Unidades B y C
<b>Nauta 2</b>	Carretera Nauta - Iquitos km 9,24-9,28. GPS: 4°26,71'S, 73°35,44'O	Unidad C
<b>Nauta 3</b>	Carretera Nauta - Iquitos km 14,6. GPS: 4°24,17'S, 73°34,54'O	Unidad C
<b>El Paujil</b>	Carretera Iquitos - Nauta km 35,6. GPS: 4°02,67'S, 73°26,20'O	Unidad las arenitas de Iquitos y Formación Pebas.
<b>Fundo Santa Cecilia</b>	Carretera Iquitos - Nauta km 29,5. GPS: 3°59,199'S, 73°25,482'O	Unidad las arenitas de Iquitos
<b>El Dorado 1</b>	Carretera Iquitos - Nauta km 24,02. GPS: 3°56,921'S, 73°24,083'O	Unidad las arenitas de Iquitos
<b>El Dorado 2</b>	Carretera Iquitos - Nauta km 25. GPS: 3°57,328'S, 73°24,083'O	Unidad las arenitas de Iquitos
<b>Quistococha</b>	Lado oriental de la carretera Iquitos - Nauta km 5,5. GPS: 3°49,703'S, 73°19,390'O	Unidad las arenitas de Iquitos
<b>Peñanegra</b>	Carretera Iquitos - Nauta km 19,7, 1 km al O de la carretera. GPS: 3°51,580'S, 73°20,558'O	Unidad las arenitas de Iquitos
<b>Manití</b>	Afloramiento Al lado de la Plantación Palma Aceteira. GPS: 3°36,35'S, 72°53,75'O	Depósitos de terraza
<b>Nuevo Tarapacá</b>	Margen sur de la quebrada Tamshiyacu, 2 km aguas arriba de la confluencia con el río Amazonas. GPS: 4°2,17,8'S, 73°7,1,95'O	Depósitos de terraza, y Formación Pebas
<b>Aucayo</b>	Afloramiento en la ribera oriental del río Amazonas en un nivel más inferior que la villa. GPS: 3°50,242'S, 73°09,503'O	Depósitos de terraza
<b>Mishana</b>	Afloramiento en la ribera occidental del río Nanay. GPS: 3°52,75'S, 73°29,50'O	Formación Pebas, y depósitos de terrazas

**Tabla 4.2.** Distribución fraccionométrica de las muestras de diferentes localidades analizadas por DRX. Las muestras están agrupadas de acuerdo a las unidades geológicas descritas.

UNIDAD GEOLÓGICA Y LOCALIDAD			FRACCIONES (g)									
Numero de colección	en campo	Profundidad o tipo de muestra	<2 µm	2-6,3 µm	6,3-20 µm	20-63 µm	>63 µm	>20 µm	Suma (g)	Arcilla %	Limo %	Arena %
FORMACIÓN PEBAS												
IQ96-58	Nvo Horiz, Iq-Nau km39	0,2 m del tope	4,25	0,93	0,86	0,40	0,74	1,15	7,18	59,15	30,49	10,36
IQ96-59	"	1,0 m	1,95	1,08	1,47	2,12	1,76	3,88	8,38	23,24	55,71	21,05
IQ96-60	"	1,5 m	3,79	1,03	1,34	1,62	0,34	1,97	8,13	46,65	49,10	4,24
IQ96-61	"	2,0 m	3,29	0,54	0,51	1,45	0,39	1,84	6,18	53,25	40,41	6,33
IQ96-62	"	2,5 m	1,33	0,60	0,71	2,15	0,70	2,85	5,48	24,20	62,99	12,82
IQ96-63	"	3,0 m	1,00	0,32	0,48	5,82	0,51	6,33	8,13	12,30	81,40	6,30
IQ96-64	Iq-Nau km 34,8	Nivel de la carretera	2,59	0,85	1,44	3,19	1,22	4,41	9,30	27,84	59,03	13,13
IQ96-70	Iq-Nau km 38,8	7,0 m de tope	3,29	0,68	0,69	1,68	0,19	1,87	6,53	50,40	46,71	2,89
IQ96-71	"	8,0 m	2,29	0,24	0,06		0,06	0,06	2,66	86,16	11,46	2,38
IQ96-73	"	8,6 m	3,66	0,67	0,92	1,42	0,10	1,52	6,78	54,01	44,49	1,50
IQ96-78	Iq-Nau km 27,7	5,0 m del tope	2,28	0,62	0,46	1,01	1,69	2,69	6,05	37,74	34,39	27,87
IQ96-79	"	6,5 m	2,38	0,74	1,05	2,99	1,09	4,08	8,25	28,88	57,96	13,16
UNIDAD B												
IQ96-29	Iq-Nau km 3,54	Nivel de la carretera	1,02	0,81	1,19	3,68	5,00	8,68	11,70	8,68	48,60	42,72
IQ96-28	"	2,5 m debajo de la carretera	2,93	0,70	0,73	1,48	0,81	2,29	6,65	44,10	43,68	12,22
IQ96-38	Nau-Iq km 13,57	Arenita ritmicam. Laminada	2,07	1,03	0,80	1,34	7,04	8,37	12,28	16,88	25,79	57,33
IQ96-44	Buena Unión	0,2 m del tope	4,28	1,65	1,52	1,49	0,02	1,52	8,97	47,70	52,04	0,27
IQ96-45	"	0,5 m	5,28	0,87	0,56	0,48	0,23	0,71	7,43	71,15	25,69	3,16
IQ96-46	"	1,0 m	3,46	0,75	0,62	0,56	0,24	0,80	5,63	61,51	34,24	4,25
IQ96-48	"	2,0 m	1,70	1,13	1,97	5,31	2,04	7,35	12,15	13,97	69,21	16,82
IQ96-47	"	20,0 m	4,53	1,80	2,16	3,10	1,75	4,85	13,34	33,94	52,96	13,09
IQ96-74	Allpahuayo	0,2 m de tope	2,25	0,42	0,59	1,59	8,87	10,46	13,73	16,38	18,97	64,65
IQ96-75	"	1,0 m	2,46	0,35	0,29	1,10	13,62	14,72	17,81	13,81	9,74	76,45
IQ96-76	"	2,0 m	2,24	0,76	0,56	1,62	3,09	4,71	8,27	27,08	35,60	37,32
IQ96-77	"	4,0 m	1,42	0,79	0,56	0,51	4,76	5,27	8,05	17,71	23,12	59,18
IQ96-80	"		2,95	1,56	0,95	1,12	7,91	9,03	14,49	20,39	25,01	54,61
IQ96-82	Iq-Na km 25,40	0,2 m de tope	0,18	0,44	2,21	13,61	27,18	40,79	43,62	0,42	37,28	62,30
IQ96-83	"	1,5 m	1,79	0,60	0,78	2,48	3,62	6,09	9,26	19,38	41,58	39,04
IQ96-84	"	3,5 m	2,91	0,75	1,17	1,27	0,27	1,54	6,37	45,75	49,97	4,28
UNIDAD C												
IQ96-1a	Nau-Iq km 8,12	Concreción	2,24	1,32	1,75	3,11	1,36	4,47	9,78	22,91	63,19	13,90
IQ96-1	"	Arcilla/limo	3,45	2,04	2,81	5,06	1,56	6,61	14,91	23,13	66,41	10,46
IQ96-2	"	Arcilla/limo blanco	3,29	1,46	1,76	2,65	0,49	3,15	9,66	34,10	60,80	5,11
IQ96-3	"	Arena roja	2,07	1,41	0,95	1,00	8,24	9,24	13,67	15,16	24,57	60,27
IQ96-4	Nau-Iq km 7,22	1,0 m del tope	5,94	0,39	0,54	2,18	4,18	6,36	13,24	44,89	23,50	31,61
IQ96-5	"	3,5 m	3,93	1,75	1,27	1,37	10,70	12,08	19,02	20,66	23,05	56,29
IQ96-6	"	5,3 m	3,31	1,39	0,63	1,21	9,18	10,39	15,71	21,06	20,53	58,40
IQ96-7	"	20,0 m	4,28	2,93	2,03	1,91	16,04	17,95	27,20	15,75	25,28	58,96
IQ96-8	Nau-Iq km 3,54	0,2 del tope	3,49	0,67	0,96	2,41	2,66	5,06	10,18	34,29	39,61	26,10
IQ96-9	"	2,0 m	3,20	1,55	1,19	1,22	7,84	9,06	15,01	21,30	26,44	52,26
IQ96-10	"	3,0 m	3,49	1,30	1,19	1,44	0,51	1,95	7,94	44,02	49,49	6,48
IQ96-11	"	5,0 m	3,69	1,07	0,98	1,64	1,99	3,62	9,35	39,40	39,36	21,24
IQ96-12	"	8,4 m	1,68	0,61	0,41	2,17	1,53	3,71	6,41	26,19	49,89	23,91
IQ96-13	"	Nivel de la carretera	3,08	1,01	0,93	2,17	0,89	3,06	8,08	38,12	50,86	11,02
IQ96-14	"	"	4,32	0,30	0,30	1,08	5,20	6,28	11,20	38,60	14,97	46,42
IQ96-15	Nau-Iq km 2,56	0,5 m del tope	3,00	0,51	0,84	2,15	5,93	8,08	12,43	24,15	28,12	47,72
IQ96-18	"	1,0 m	2,86	0,21	0,41	1,54	3,47	5,01	8,49	33,69	25,44	40,87



(Tabla 4.2.continuación)

IQ96-16	"	2,0 m	3,59	0,38	0,52	0,97	1,45	2,42	6,91	52,00	27,00	21,00
IQ96-17	"	Arena con estratificación	2,38	1,60	1,15	1,20	5,96	7,16	12,29	19,39	32,16	48,46
IQ96-19	Na-Iq km 1,88	0,2 m del tope	4,15	0,32	0,25	0,65	3,76	4,41	9,13	45,50	13,25	41,25
IQ96-20	"	1,5 m	4,76	0,72	0,55	1,13	5,36	6,49	12,53	38,03	19,18	42,79
IQ96-21	"	1,5 m, concreción	0,71	0,21	0,20	0,35	3,30	3,65	4,77	14,80	16,01	69,19
IQ96-22	"	3,5 m	3,74	1,09	1,83	1,70	8,12	9,81	16,46	22,69	28,01	49,30
IQ96-23	"	4,5 m	1,91	1,19	1,69	1,59	8,10	9,69	14,47	13,20	30,83	55,97
IQ96-24	Nauta 2	0,1 m del tope	2,12	0,53	1,88	3,43	4,42	7,85	12,37	17,12	47,13	35,76
IQ96-25	"	0,2 m	1,55	3,06	0,69	1,71	1,84	3,55	8,85	17,49	61,71	20,80
IQ96-26	"	1,6 m	3,49	0,56	0,64	0,68	0,16	0,83	5,52	63,24	33,93	2,83
IQ96-27	"	5,0 m	3,82	0,99	0,85	0,47	0,26	0,74	6,39	59,74	36,12	4,14
IQ96-30	Nauta 3	0,2 m del tope	3,54	0,42	0,47	0,97	5,32	6,30	10,73	32,99	17,38	49,63
IQ96-31	"	1,0 m	3,66	0,31	0,31	0,92	4,61	5,53	9,82	37,25	15,77	46,97
IQ96-32	"	4,5 m	5,41	1,95	1,31	1,82	13,17	14,99	23,66	22,86	21,49	55,65
IQ96-33	"	8,0 m	1,82	1,01	0,80	0,74	6,56	7,30	10,92	16,67	23,31	60,02
IQ96-34	"	8,0-15,0 m	2,04	0,64	0,77	1,15	0,28	1,43	4,87	41,86	52,41	5,73
IQ96-36	"	15,0 m	1,46	1,12	1,10	0,88	6,83	7,71	11,39	12,79	27,20	60,02
UNIDAD "LAS ARENITAS DE IQUITOS"												
IQ96-65	Iq-Nau km 38,8	0,2 m del tope	4,60	0,52	0,31	0,17	2,35	2,52	7,95	57,80	12,64	29,56
IQ96-66	"	1,0 m	1,76	0,46	0,40	0,27	0,07	0,34	2,96	59,32	38,31	2,38
IQ96-67	"	2,0 m	1,32	0,36	0,48	1,00	0,16	1,16	3,32	39,77	55,31	4,91
IQ96-85	Iq-Nau km 25,4	0,5 m del tope	1,09	0,31	0,48	2,64	16,42	19,07	20,94	5,18	16,40	78,41
IQ96-86	"	1,0 m	0,90	0,19	0,39	2,21	13,42	15,63	17,11	5,28	16,30	78,43
IQ96-87	"	1,5 m	2,10	0,22	0,32	2,48	17,38	19,86	22,50	9,33	13,40	77,27
IQ96-88	"	2,5 m	0,81	0,32	0,27	0,68	32,73	33,41	34,82	2,32	3,68	94,00
IQ96-89	Iq-Nau km 21,0	0,2 m del tope	2,43	0,63	0,68	3,13	17,12	20,24	23,98	10,13	18,49	71,38
IQ96-90	"	1,0 m	2,19	0,31	0,39	2,59	14,36	16,95	19,83	11,04	16,56	72,40
IQ96-91	"	2,0 m	2,32	0,27	0,42	2,51	14,18	16,69	19,70	11,79	16,24	71,97
IQ96-93	Iq-Nau km 20,0	1,5 m	3,14	0,57	0,40	0,86	2,80	3,67	7,78	40,44	23,51	36,05
IQ96-94	"	Nivel con hidróxido de hierro	0,46	0,11	0,35	0,42	28,61	29,03	29,95	1,52	2,94	95,54
TERRAZAS FLUVIALES												
IQ96-49	Aucayo	0,2 m del tope	6,12	1,10	0,73	0,62	0,76	1,38	9,33	65,61	26,24	8,15
IQ96-50	"	1,0 m	2,33	0,98	1,04	1,21	7,93	9,14	13,50	17,25	23,99	58,76
IQ96-52	Mishana	4,5 m del tope	1,18	0,40	0,46	0,60	29,63	30,22	32,27	3,65	4,54	91,81
IQ96-54	Puerto Almendras	0,2 m del tope	2,65	0,45	0,48	1,03	7,17	8,20	11,78	22,51	16,61	60,88
IQ96-55	"	1,0 m	5,16	0,30	0,48	1,39	9,56	10,95	16,89	30,54	12,84	56,61
IQ96-56	"	2,0 m	3,65	0,29	0,38	1,33	19,28	20,60	24,93	14,66	8,00	77,34
LLANURA DE INUNDACIÓN												
IQ96-40	Río Marañon, San Jose	Llanura de inundación	1,16	0,85	1,86	3,81	0,49	4,30	8,18	14,23	79,81	5,97
IQ96-42	Río Ucayali	Arena de playa	0,44	0,25	0,31	3,34	24,40	27,74	28,75	1,55	13,55	84,90
IQ96-43	"	Arcilla de playa	0,87	0,44	0,89	0,87	0,24	1,10	3,31	26,27	66,59	7,14
IQ96-53A	Río Nanay, Mishana	arcilla de playa	1,25	0,27	0,49	3,55	2,80	6,35	8,37	14,97	51,55	33,49
IQ96-53B	"	"	1,16	0,28	0,53	2,42	3,13	5,56	7,52	15,41	42,94	41,65

Para el estudio de la mineralogía de la arena, la fracción de 63-500  $\mu\text{m}$  fue tamizada. Antes fue el tratamiento ultrasónico con agua. Así se previene la acumulación de fragmentos indurados de arcilla al mezclarse con la fracción de la arena. La mineralogía de la fracción de 63-500  $\mu\text{m}$  fue analizada bajo el microscopio a partir de 107 muestras (90 de tierra firme y 17 de llanuras de inundación recientes) de "secciones delgadas", muestras montadas, en una resina epóxica, y después rebujados a 0,003 mm de espesor. De estas secciones delgadas transparentes, se realizó una cuenta de 600 granos de cada una, con la ayuda de un microscopio de luz polarizada, para la identificación de las principales especies minerales y fragmentos líticos. Solamente se analizó una sección delgada de sedimentos no disturbados de uno de los afloramientos estudiados.

Tabla 4.3. Resultados de los análisis de FRX de la fracción <2 µm de las muestras estudiadas.

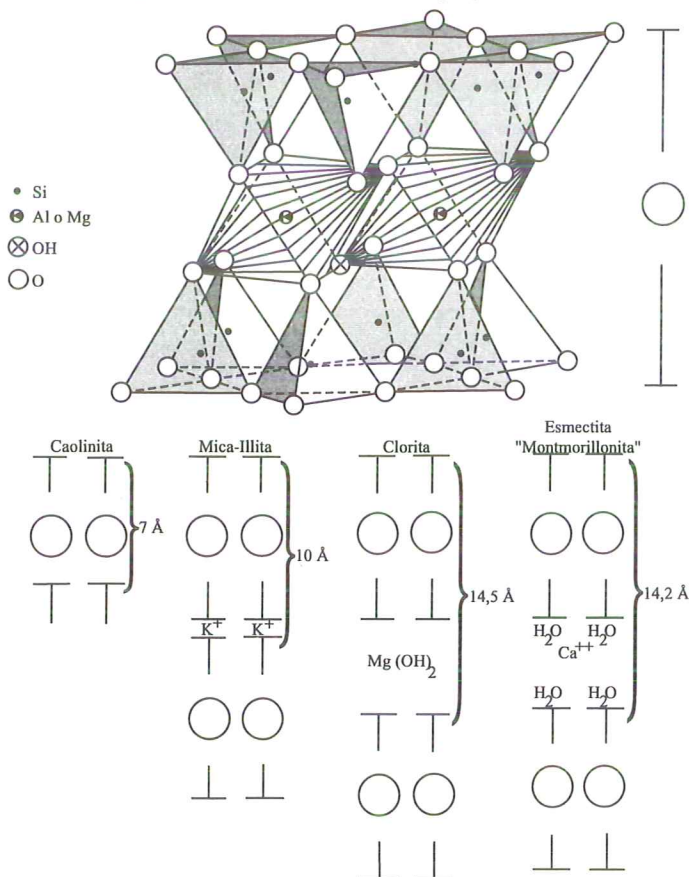
UNIDAD GEOLOGICA	Número de colección en el campo	Número de labor.	Localidad	Profundidad o tipo de muestra	Si %	Ti mg/kg	Al %	Fe %	Mn mg/kg	Mg mg/kg	Ca mg/kg	Na mg/kg	K mg/kg	P mg/kg	(SO <sub>3</sub> ) mg/kg
UNIDAD B															
IQ96-24	SNG 01		Nauta 2	0,1 m del tope	18,63	6 050	14,34	5,59	101	3015	<71	<148,2	4980	480	1298
IQ96-25	SNG 02		"	0,2 m	18,73	6 230	15,66	6,29	93	3618	<71	<148,2	4980	392	651
IQ96-26	SNG 03		"	1,6 m	21,39	5 271	16,29	3,43	62	6030	<71	3705	16600	2 834	<66
IQ96-27	SNG 04		"	5,0 m	21,76	5 391	15,18	5,94	108	4824	<0	2964	17430	2 136	<0
IQ96-38	SNG 20		Nau-Iq km 13,57	Arena ritmicam. laminada	21,06	5 571	16,35	4,47	139	3618	<142	5187	12450	3 314	271
IQ96-44	SNG 08		Buena Unión	0,2 m del tope	22,79	5 391	12,85	4,68	387	4824	6106	<889,2	10790	654	513
IQ96-46	SNG 09		"	1,0 m	22,93	4 672	13,75	3,91	85	5427	1704	4446	9130	2 790	<98
IQ96-77	SNG 10		"	20,0 m	23,30	3 834	11,27	4,12	271	12060	20093	5187	14110	3 008	2829
IQ96-74	SNG 11		Allpahuayo	0,2 m del tope	19,66	9 045	14,23	7,27	116	3618	<71	<148,2	4980	480	424
IQ96-77	SNG 12		"	4,0 m	22,32	3 894	14,55	4,75	77	4824	<71	5928	12450	3 357	134
UNIDAD C															
IQ96-30	SNG 05		Nauta 3	0,2 m del tope	18,40	4 493	17,46	6,15	108	1809	<0	2964	2490	2 136	360
IQ96-31	SNG 06		"	1,0 m	18,21	4 852	17,62	6,64	85	<1809	<0	2223	1660	1 875	159
IQ96-33	SNG 07		"	8,0 m	19,57	3 295	17,14	5,59	139	3015	<213	5928	12450	>4621,6	431
UNIDAD "LAS ARENITAS DE IQUITOS"															
IQ96-87	SNG 15		Iq-Nau km 25,4	1,5 m	12,28	19 587	19,47	6,92	85	<663,3	<71	5187	<0	3 401	577
IQ94-6a 40 cm	SNG 19		Fundo Santa Cecilia	0,4 m	13,96	20 246	17,40	7,20	101	<783,9	<142	<0	<249	828	855
IQ94-6b 130 cm	SNG 18		"	1,3 m	14,24	18 689	17,35	6,99	116	<904,5	<355	14079	<415	>9853,6	1273
IQ94-6c 240 cm	SNG 16		"	2,4 m	14,66	17 431	19,26	6,43	85	<723,6	<0	4446	<83	3 662	889
IQ94-6d 420 cm	SNG 17		"	4,2 m	20,22	6 769	18,83	1,19	23	<1507,5	<284	6669	4980	>4796	523

Tabla 4.3. Continuación

	As mg/kg	Ba mg/kg	Ce mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Mo mg/kg	Nb mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Rb mg/kg	Sr mg/kg	Th mg/kg	U mg/kg	V mg/kg	Y mg/kg	Zn mg/kg	Zr mg/kg	Suma %
UNIDAD B																			
IQ96-24	16	114	109	<10	45	<10	<5	<6	<10	20	28	62	<0	<5	148	<5	65	124	77,4
IQ96-25	17	132	123	<10	56	<10	<5	13	<10	32	32	72	<5	<5	165	13	47	146	81,1
IQ96-26	<7	186	145	<10	58	<10	<5	<9	<10	34	98	68	<3	<5	123	25	56	130	86,6
IQ96-27	<6	124	208	<10	72	<10	<5	25	<10	45	120	74	13	<5	165	122	36	142	88,1
IQ96-38	11	75	136	<10	48	<10	<5	15	<10	24	72	48	10	<5	225	77	37	147	87,0
IQ96-44	<10	281	54	<10	72	27	<5	<7	<10	21	111	94	<5	<5	209	<8	161	100	84,2
IQ96-46	<5	137	71	<10	70	28	<5	<6	<10	23	105	73	<0	<5	153	13	133	87	85,0
IQ96-47	<3	132	73	<10	57	25	<5	<7	10	20	114	206	<5	<5	139	15	149	84	86,0
IQ96-74	14	46	65	<10	75	<10	<5	20	<10	29	42	87	16	<5	202	14	57	203	82,3
IQ96-77	16	<40	45	<10	50	<10	<5	<4	<10	19	66	41	<5	<5	134	<7	51	110	86,5
UNIDAD C																			
IQ96-30	24	<40	107	<10	39	<10	<5	<7	<10	20	<10	35	14	<5	166	<8	45	125	83,4
IQ96-31	25	<40	83	<10	47	<10	<5	<9	<10	21	<5	39	15	<5	184	<7	41	135	84,0
IQ96-33	14	61	111	<10	25	<10	<5	<7	<10	39	66	25	18	<5	129	18	57	154	86,7
UNIDAD "LAS ARENITAS DE IQUITOS"																			
IQ96-87	14	<40	48	<10	196	<10	<5	45	<10	35	<5	89	40	<5	307	27	52	379	78,0
IQ94-6a 40 cm	17	<40	82	<10	148	<10	<5	48	<10	30	<5	114	29	<5	348	34	58	412	77,0
IQ94-6b 130 cm	15	<40	78	<10	156	<10	<5	45	<10	35	<5	108	28	<5	331	32	67	390	81,0
IQ94-6c 240 cm	14	<40	79	<10	139	<10	<5	40	<10	33	<5	98	25	<5	313	28	44	352	81,7
IQ94-6d 420 cm	<0	124	287	<10	53	<10	<5	<6	42	161	17	74	<0	<5	69	16	76	132	84,6

## MINERALES DE ARCILLA

Los minerales de arcilla pertenecen al grupo de los filosilicatos. Su estructura consiste de hojas de tetraedros y octaedros, agrupadas a lo largo del eje cristalográfico "c". Los minerales de arcilla están compuestos de capas homogéneas, donde los átomos de Si y Al/Mg se ubican en las posiciones centrales. Los átomos de Si están rodeados por átomos de oxígeno en estructuras tetraédricas, y los átomos de Al/Mg están rodeados por O y OH en estructuras octaédricas, respectivamente. Los tetraedros y octaedros ocurren en varias series, tal como se muestra en el siguiente gráfico de la estructura de los minerales de arcilla más representativos en la Amazonía. La cantidad de repeticiones de los elementos estructurales en la dirección vertical es usualmente más pequeña que en la dirección lateral, lo cual explica la estructura laminada de los minerales de arcilla. Los elementos Si, Al y Mg pueden ser reemplazados en diversos grados por otros átomos con cargas y/o radios similares.



Adicionalmente a la diferenciación de los cuatro grupos mostrados en el gráfico, los minerales de arcilla pueden ser separados en arcillas con o sin capacidad de expansión. Las es-



mectitas, unos minerales de capas mixtas (por lo general, las redes estereocristalinas de los minerales mixtos, tales como la illita y la esmectita, se encuentran regular o irregularmente estratificadas una sobre la otra), y algunas cloritas se expanden con líquidos apropiados (como por ejemplo: el EG). Las caolinitas, illitas, la mayoría de las cloritas (incluyendo a la clorita aluminica) y vermiculitas (similares a la esmectita pero con mayor carga en las redes estereocristalinas), no son expansibles.

La mayoría de los minerales de arcilla son de dimensiones pequeñas, con un diámetro por lo general, menor de 10  $\mu\text{m}$ . Los minerales de arcilla se encuentran predominantemente en la superficie terrestre y en los fondos oceánicos. Los minerales de arcilla también predominan en los suelos, en la carga en suspensión de los ríos y en los sedimentos de los pantanos.

Los minerales de arcilla más importantes, tal como se muestra en el gráfico, son: illita, esmectita, clorita y caolinita. La illita es muy común; generalmente, se origina a partir de rocas cristalinas o metamórficas. Se la encuentra en muchos tipos de suelos, y en casi cada río como carga en suspensión. La clorita es mucho menos abundante. Mayormente, se origina a partir de rocas metamórficas. La esmectita y la caolinita se forman en la superficie terrestre, en los suelos y las alteritas.

Los minerales de arcilla son muy estables en los ríos, lagos y sedimentos marinos; con muy raras excepciones. Pero, en los depósitos de los suelos y en las alteritas se produce una transformación muy intensa, lo cual es especialmente válido en las zonas tropicales húmedas. La clorita es el mineral de arcilla menos estable. Se disuelve o transforma lentamente en otros minerales de arcilla. La illita se transforma, bajo condiciones tropicales, en minerales de capas mixtas o interestratificados, y finalmente, se puede formar la clorita aluminica en la capa más superior de los suelos. En la clorita aluminica, la capa de potasio de la illita es sustituida por  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

La neoformación de la esmectita tiene lugar cuando el drenaje es pobre y las aguas de formación son ricas en electrolitos. Sin embargo, la esmectita también se puede formar durante la meteorización a partir de otros minerales de arcilla tales como la illita (ver arriba). La carga de las redes estereocristalinas de la esmectita permite diferenciar las esmectitas formadas a partir de las illitas (redes estereocristalinas con carga alta), de aquellas formadas por neoformación (por lo general con redes estereocristalinas de carga baja). Cuando se tratan con potasio, las esmectitas de carga alta muestran espaciamientos "d" de 10 Å; mientras que, las esmectitas de carga baja presentan espaciamientos de hasta 12 Å. La caolinita generalmente se forma en suelos ácidos y en las alteritas. La principal fuente de formación para la caolinita son los feldespatos. Pero la caolinita también se puede formar a partir de otros minerales y es un componente importante en casi todos los niveles superiores de los suelos en los trópicos.

La identificación de los minerales de arcilla se realiza con la ayuda de secciones delgadas. A partir de estos especímenes, se obtiene una difracción de las redes estereocristalinas muy característica en la dirección del eje cristalográfico "c". Antes de la preparación de las secciones delgadas, las muestras son tratadas, sea con acetato de Mg o con acetato de K, para saturar con el catión respectivo las capas internas de los minerales de arcilla tri y tetramórficos. Adicionalmente a cada una de las muestras, un se trata espécimen con Mg y EG a 80°C. Durante este tratamiento, el EG se ubica entre las redes estereocristalinas de las capas internas de los minerales de arcillas expansibles (esmectita, vermiculita y algunas cloritas). Con la ayuda de las diferentes distancias entre estas redes, obtenidas como resultado del tratamiento con Mg, K o EG, es que es posible distinguir en forma individual a los minerales de arcillas expansibles.

## LOS MÉTODOS DRX Y FRX

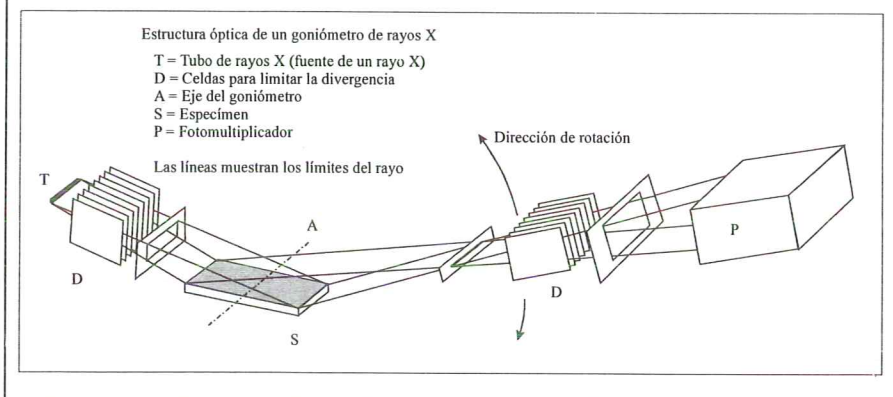
### Difractometría de rayos X (DRX)

El método de difractometría de rayos X (DRX) es muy importante para la determinación de pequeñas partículas minerales, las cuales podrían ser difíciles de analizar con la ayuda de un microscopio, o que podrían ser hasta de dimensiones sub-microscópicas. La mineralogía de arcillas moderna no sería posible sin la DRX.

La longitud de onda de los rayos X es del mismo orden que las distancias entre dos planos reticulares de los minerales (aproximadamente  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ). Cuando los rayos X atraviesan estos minerales el ángulo de difracción depende de la distancia entre las redes estereocristalinas. Puesto que los minerales están definidos en función a las distancias entre las redes estereocristalinas, es posible identificar los minerales al medir las secuencias de los ángulos de los rayos X.

La condición para la difracción puede ser definida por la ley de Bragg:  $\lambda = 2d \sin \tau$ , donde " $\lambda$ " (lambda) es un entero, es la longitud de onda de los rayos X (para un tubo de cobre de  $1,541 \text{ \AA}$ ), " $d$ " es la distancia entre las redes estereocristalinas, " $\tau$ " es el ángulo de la condición de difracción. Desde que es conocido,  $\tau$  se obtiene por la geometría del equipo (ver más abajo) y " $n$ " es generalmente 1, 2 ó 3. Con las cifras proporcionadas, " $d$ " puede ser calculada por la ley de Bragg.

Un equipo ordinario de rayos X está constituido por un generador de rayos X con un tubo apropiado (en la mayoría de los casos se utiliza un tubo de cobre), y un goniómetro. Cuando el goniómetro se hace rotar, el espécimen ubicado en el centro es expuesto a un rayo X. Durante este proceso, el ángulo entre el tubo y el espécimen se cambia constantemente, mientras que la intensidad del rayo difractado se mide con un fotomultiplicador. La cantidad de impulsos medidos por el fotomultiplicador es alta cuando la situación geométrica de la ley de Bragg está dada para toda distancia entre las redes estereocristalinas del espécimen, y es baja cuando no se cumplen las especificaciones. Los impulsos medidos son generalmente transmitidos a una computadora e impresos en un diagrama de dos ejes. El eje X muestra el ángulo  $\tau^\circ$  en grados, donde, tal como en el eje Y, se graba la intensidad de difracción. En la ubicación de la máxima de intensidad se puede leer el ángulo  $\tau^\circ$  del rayo X difractado, y consecuentemente, los valores " $d$ " de los minerales se pueden calcular con la ayuda de la ley de Bragg.





Las muestras normalmente son colocadas en forma de polvo en recipientes especiales. En cambio, para la determinación de los minerales de arcilla se elaboran secciones delgadas de los especímenes, para ser analizadas bajo el microscopio. Como resultado de este procedimiento, los minerales de arcilla se orientan en forma paralela a sus ejes cristalográficos "a" y "b". El eje "c" se orienta en forma perpendicular a la superficie de la sección delgada. Al analizar las muestras por medio de las secciones delgadas, las distancias entre las redes esteocristalinas, en la dirección del eje cristalográfico "c", se presentan a una escala exagerada, en comparación con los otros dos ejes.

### **Fluorescencia de rayos X (FRX)**

Durante los 1980's el interés por la espectrometría de fluorescencia de rayos X aumentó considerablemente como un medio para el análisis de los elementos químicos en los suelos y plantas.

Si se bombardea cualquier elemento con una energía de intensidad suficiente, emitirá un espectro característico de líneas en la región de rayos X. En el análisis de fluorescencia de rayos X, se generan rayos X de alta energía en un tubo de rayos X que se dirigen sobre la muestra que deba analizarse. Cada elemento de ella se excita y emite su propio espectro característico de rayos X.

En la práctica, las diversas longitudes de onda componentes de la radiación fluorescente secundaria emitida por una muestra, se dispersan por medio de un cristal móvil de dispersión de espaciamiento interatómico conocido. La radiación de una longitud de onda particular sufre la difracción en un cristal de análisis, con un ángulo específico, regido por la ecuación de difracción de Bragg, como ya se mencionó en el caso de DRX. Para mayor información de esta metodología, consulta Whittig 1991.

## **RESULTADOS E INTERPRETACIONES**

En función al trabajo de campo llevado a cabo en el marco de este proyecto y en base a los afloramientos estudiados, se distinguieron seis unidades geológicas. La primera unidad, la Formación Pebas, que representa mayormente grandes paleosistemas generalmente lacustrinos del Mioceno, se encuentra cubierta transicionalmente o diacrónicamente por la segunda unidad que comprende canales con evidencia de una influencia de mareas (Unidad canalizada de Porvenir). Sobre yaciendo a la unidad anterior, se encuentran depósitos de arenita que han sido interpretados como depósitos de una zona de desembocadura de origen fluvial o estuario (Unidad canalizada de Nauta) y que marcarían la primera transición hacia los ambientes fluviales modernos. Las arenitas blanquecinas ubicadas en el sector su-doccidental de Iquitos han sido agrupadas bajo la cuarta Unidad las arenitas de Iquitos, y han sido interpretadas como originadas parcialmente por paleo-ríos con direcciones hacia el NE. La quinta unidad comprendería los depósitos de terrazas en el valle principal del Amazonas, y en los valles de varios de sus tributarios. La sexta unidad, la llanura aluvial moderna, fue delimitada en base a un cartografiado geomorfológico a partir de la observación sobre imágenes de satélite.



## LA FORMACIÓN PEBAS (UNIDAD A)

### El afloramiento "Tamshiyacu" (Figura 4.3)

Cuando el nivel de las aguas del río Amazonas disminuye, depósitos de la Formación Pebas afloran en su margen oriental, 1 km al S del puerto de Tamshiyacu. La parte inferior de las secciones expuestas, que pueden alcanzar más de 18 m de alto, fueron estudiadas en septiembre de 1996. Los depósitos de terrazas que sobreyacen a los sedimentos de la Formación Pebas son descritos bajo el subtítulo de "Depósitos de terrazas fluviales".

El afloramiento "Tamshiyacu" contiene nueve metros de la estratigrafía de Pebas, comprendiendo los depósitos de tres ciclos completos de secuencias grano-decrecientes que cambian a secuencias granocrecientes (I-III en la Figura 4.3). Un ciclo se inicia hacia la base con una litofacies granodecreciente de arenita arcillosa con bioturbación a lodolita masiva, frecuentemente conteniendo moluscos. Estos sedimentos sobreyacen, con un límite marcado por la bioturbación, a los niveles superiores del ciclo anterior, tanto de arenitas con bioturbación o de lignitos estratificados con bioturbación. Los análisis de la parte superior de esta secuencia muestran un contenido de arcilla entre 29 y 66 %, un contenido de limo entre 26 y 58 % y un contenido de arenas entre 8 y 13 %. Por lo tanto, la parte superior de esta litofacies estaría compuesta por arcillas limosas de grano muy fino (lodolitas) o por limos arcillosos (lodolitas) con un contenido subordinado de arenitas (ver Tabla 4.2).

Mineralógicamente, los sedimentos de grano fino contienen mayormente cuarzo (Figura 4.4) y las arcillas están caracterizadas por contenidos altos de esmectita de carga baja y de caolinita. El contenido de illita es bajo y no se encuentra clorita. Los feldespatos y otros minerales se presentan como minerales subordinados en fracción de arcilla. Debido a la presencia de fósiles de composición aragonítica, este mineral (la aragonita) se encuentra muy difundido en los sedimentos no meteorizados.

La litofacies granodecreciente grada a una litofacies granocreciente conformada por lodolitas interestratificadas con arenitas con abundantes rizaduras (ondulitas). La lodolita masiva pasa progresivamente a una lodolita estratificada e interlamina-da con capas delgadas de arena de grano fino con abundantes rizaduras y en algunos sectores con rizaduras incipientes.

Las rizaduras son cubiertas por láminas de arcillas y restos de materia orgánica, otorgando a los estratos de arenita una apariencia ondulada hacia el tope de cada estrato. Las láminas individuales de cada rizadura presentan también arcilla y restos orgánicos (Figura 4.5B). Hacia la parte superior, las capas de arenita se hacen más abundantes y presentan un mayor grosor; los granos de arena son más gruesos y el contenido de lodolitas y restos orgánicos disminuye.

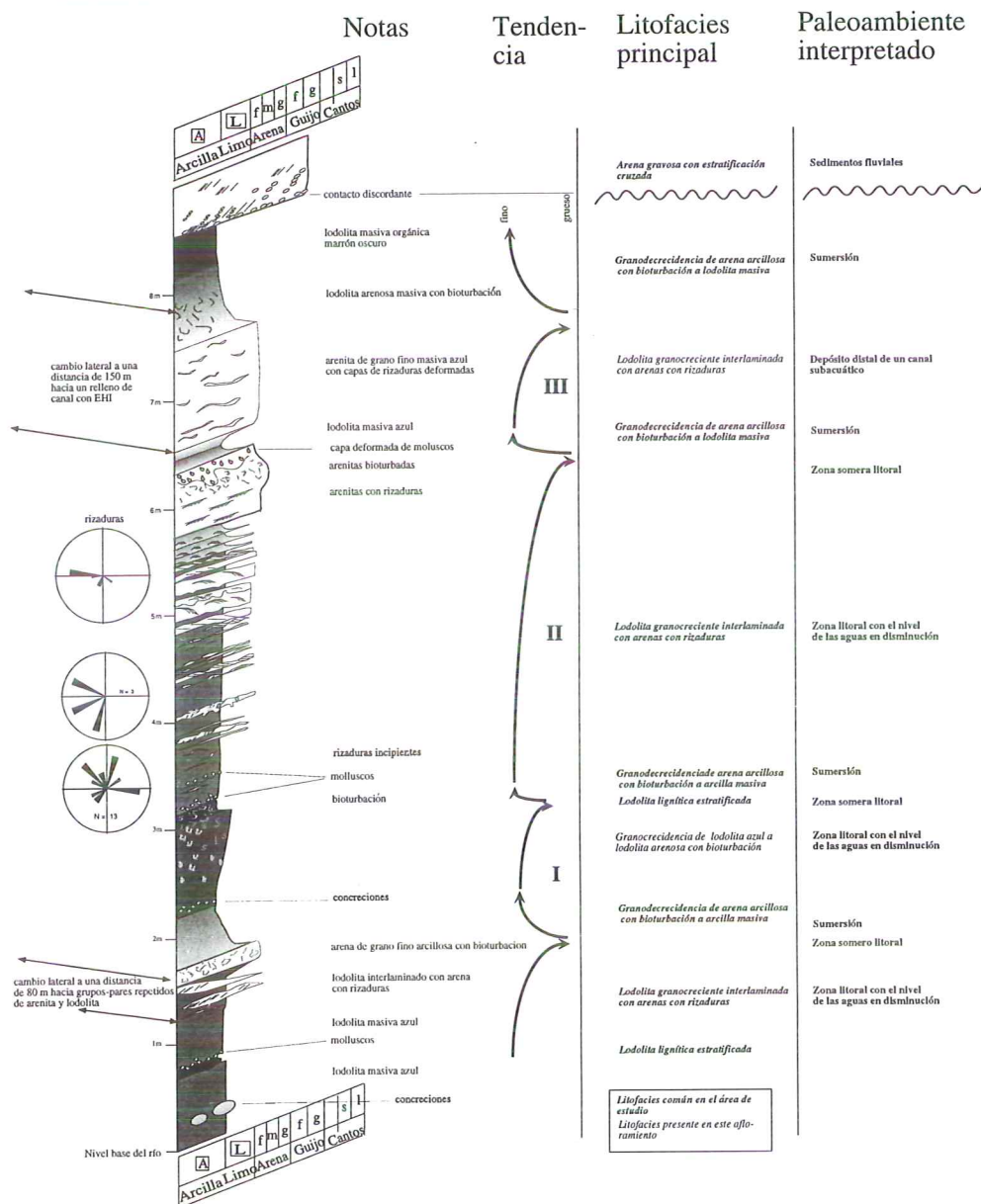
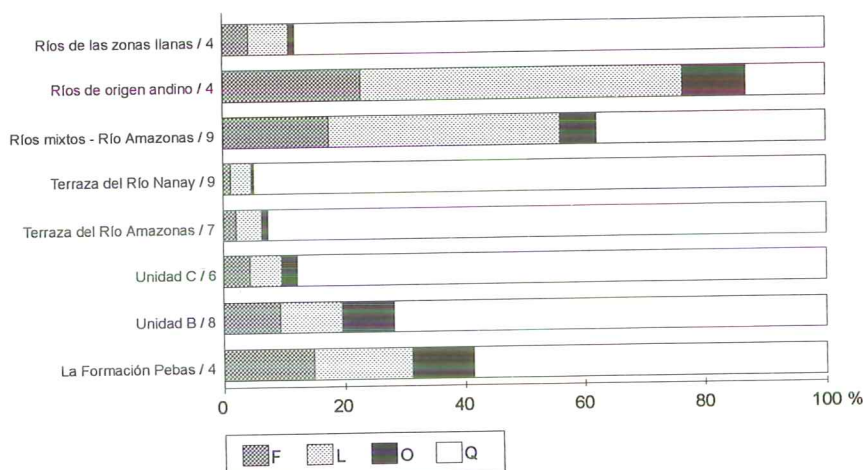


Figura 4.3. Sección estratigráfica de la parte baja del afloramiento Tamshiyacu. Al describir una secuencia granocreciente o granodecreciente se ha tomado por tácito el sentido hacia arriba, salvo indicación contraria. Las mediciones de paleocorriente se indican como sigue: Declinación / inclinación, y en grados sexagesimales (°). Los bordes superior e inferior del perfil, señalan de izquierda a derecha, incrementos en el tamaño de granos de cada capa de sedimento.

Mineralógicamente, las arenitas son inmaduras ya que contienen aproximadamente un 45 % de cuarzo, 21 % de feldespatos y 34 % de fracciones líticas (fragmentos de roca). En la secuencia granocreciente más gruesa (II), el buzamiento de las láminas de las rizaduras situadas en la parte inferior presenta un patrón variado, y las estructuras internas de las rizaduras otorgan una apariencia ondulante a todo el conjunto. Las láminas de las rizaduras situadas en la parte superior buzando claramente hacia el SO y O. La parte superior de la secuencia granocreciente está formada por una capa masiva de arena de grano medio con grosores desde unos pocos decímetros hasta 1 metro, con abundantes rizaduras hacia la base y con mayor bioturbación hacia el tope. En el segundo ciclo (II), esta capa está deformada y contiene abundantes fósiles de moluscos.



**Figura 4.4.** Porcentaje relativo del contenido de feldespatos (F), fracciones líticas (L), cuarzo (Q) y otros minerales (O). Las muestras están agrupadas de acuerdo a las diferentes unidades geológicas a las que pertenecen. Los porcentajes son promedios del número de muestras, lo que se indica después del nombre de cada unidad. Los ríos mixtos tienen su drenaje en los Andes y en la llanura amazónica.

En los intervalos de 1,3-1,6 m y de 6,5-8 m, las arenitas con abundantes rizaduras en los sectores granocrecientes de los ciclos, varían lateralmente hacia alternancias de arenitas con rizaduras y lodolitas masivas que rellenan los canales con una estratificación heterolítica inclinada (acrónimo EHI).

En algunas de las arenitas superiores de los ciclos descritos, está presente una litofacies de lodolita lignítica estratificada (Figura 4.5A) que contiene marcas de *Thallasoides*. Estas capas pueden ser extensas, y en otros afloramientos (por ejemplo Porvenir; ver abajo), pueden continuar por varios kilómetros. Ambos límites de la lodolita lignítica, tanto el superior como el inferior, pueden ser gradacionales, con superficies en contacto e incluso erosivas. El límite superior está frecuentemente más fuertemente bioturbado y las cavidades están rellenas por los sedimen-



tos de las unidades sobreyacentes, penetrando éstas desde uno a decenas de cm en el lignito. En la sección Tamshiyacu, esta litofacies es mayormente arcillosa y presenta 10-20 cm de grosor.

La secuencia estudiada se encuentra cubierta discordantemente por una litofacies de arenita gravosa con estratificación sesgada o cruzada (comparar con los Depósitos de terrazas fluviales).

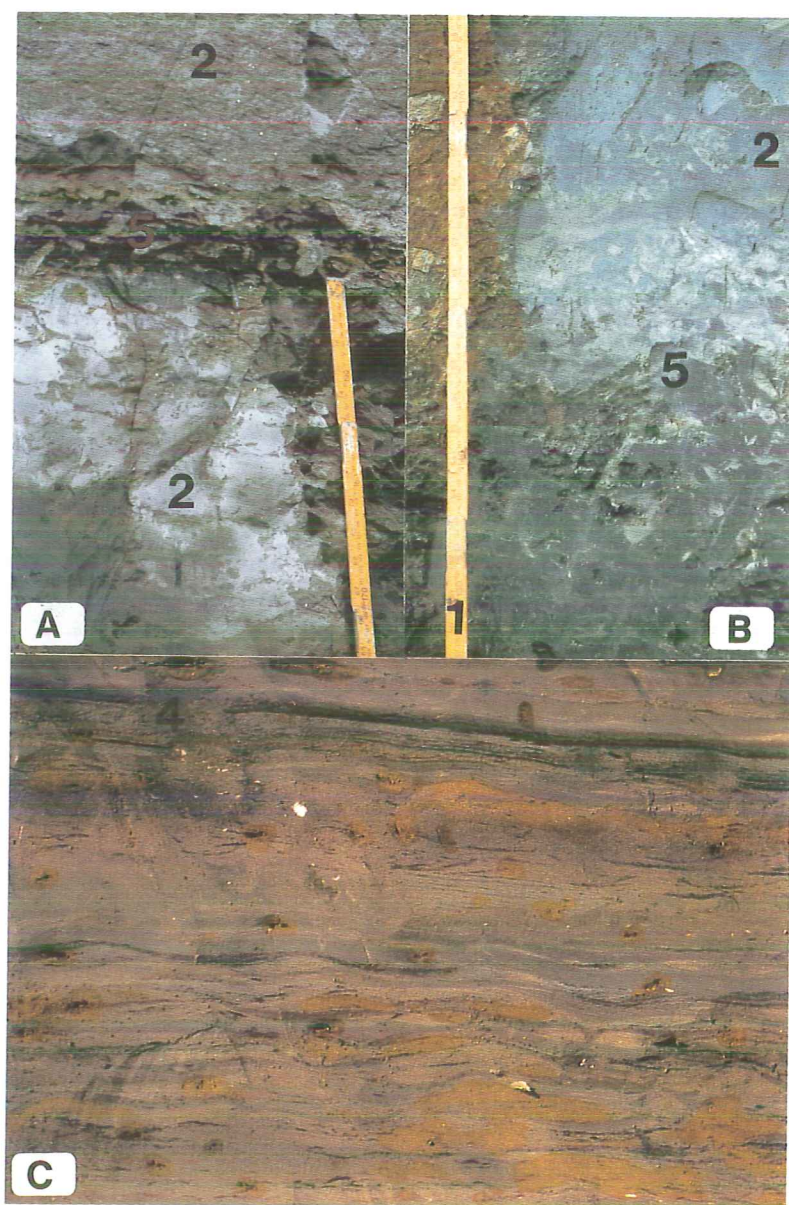
### Interpretación paleoambiental

La litofacies de **arenita arcillosa granodecreciente con bioturbación a lodolita masiva** con sus arenitas arcillosas con bioturbación gradando a lodolitas masivas indica un aumento en la profundidad de las aguas (sumersión). Los moluscos encontrados, mayormente *in situ*, han sido asignados a un ensamble lacustrino (esto es: dominado por especies pequeñas de hydrobía y pachydóntidos). La base frecuentemente bioturbada de esta litofacies representa una superficie inundable y sus sedimentos superiores de grano fino en la parte superior representarían el nivel máximo inundable, con la mayor profundidad durante la depositación.

La litofacies de **lodolita granocreciente interlaminada con arenitas con rizaduras** ha sido interpretada como indicadora de una disminución local del nivel de las aguas. El ciclo II contiene abundantes rizaduras de oscilación en sus niveles inferiores; en los niveles superiores de este ciclo, las rizaduras indican principalmente direcciones de paleocorriente hacia el O, probablemente en la zona de rompiente, bajo condiciones someras.

Similares niveles a los de las arenitas superiores de los ciclos individuales, aunque laminados en forma subhorizontal, fueron reconocidos en Santa Teresa (fuera del área de estudio de este proyecto), lo cual podría indicar un origen en las partes superiores de los sedimentos depositados delante o incluso detrás de la línea de la costa. Por lo tanto, las arenitas indicarían el desarrollo de una zona litoral con el nivel de las aguas en disminución. De acuerdo a esta interpretación, la línea de costa estaría hacia el O y la cuenca estaría hacia el E. El cambio lateral de depósitos de arenita a canales, implica que estos canales, relativamente pequeños y con depositación rítmica de arenitas con rizaduras y lodolitas masivas (EH1), entraron regularmente a la costa. El ingreso de materiales alóctonos compuestos de restos orgánicos fue considerable en el sistema. Estos materiales fueron depositados mayormente como relleno de canales colmados, y también como lodolitas enriquecidas en materia orgánica en una zona litoral con el nivel de agua en disminución, y especialmente en aguas litorales someras, cercanas a la línea de costa.

La litofacies de **lodolita lignítica estratificada** ha sido interpretada como depósitos alóctonos de restos orgánicos. La capa lignítica en la base del ciclo II (nivel 3 m) habría sido depositada en una zona litoral de aguas someras cercana a la línea de costa. Las lodolitas ligníticas interlaminadas dentro de las lodolitas (nivel 80 cm en la Figura 4.3) son interpretadas como depositadas en aguas más profundas (sumersión máxima), y podrían contener, aunque parcialmente, restos orgánicos derivados de la vegetación acuática del lugar.



**Figura 4.5.** A. Litofacies de lodolita lignítica en lodolita. B. Litofacies de lodolita lignítica en lodolita, con la característica bioturbación. C. La litofacies de lodolita granocreciente interlaminada con arenita con rizaduras. 1=horizonte de lodolita lignítica, 2=lodolita (horizonte arcilloso), 3=fósiles de moluscos, 4=láminas con material orgánico, 5=bioturbación. (Fotos: Räsänen)



Cada secuencia granodecreciente indica una sumersión local, indicando un sistema con las aguas en disminución que representa el crecimiento de un lóbulo de un delta o el proceso de avance de una línea de costa en dirección a la cuenca. En esos tiempos, la cuenca fue rellenada exclusivamente por un lago de agua dulce, según se desprende de los resultados de los isótopos de oxígeno de los moluscos fósiles de la Formación Pebas (Vonhof 1998).

En base a la presencia de los minerales de arcilla: esmectita y caolinita, y al alto contenido de cuarzo, los sedimentos de la Formación Pebas han sido interpretados como originados en un área tropical bajo intensa meteorización por un período bastante largo. Esto es posible, solamente en una zona llana dónde la meteorización pueda profundizar varias decenas de metros, y dónde los ríos no puedan alcanzar a erosionar los sedimentos no-meteorizados del basamento. En base a la mineralogía de arcillas, los sedimentos de la Formación Pebas han sido interpretados como sedimentos retrabajados de áreas llanas tropicales, depositados bajo condiciones lacustrinas. Los sedimentos en el área de drenaje del "Lago Pebas" podrían haber sido, originalmente, depósitos fluvio-lacustrinos enriquecidos en cuarzo, feldespatos y carbonatos. Desde que la esmectita es formada predominantemente en suelos mal drenados, se asume que los sedimentos fueron originalmente de grano fino. Durante el proceso de meteorización, los feldespatos, carbonatos y minerales volcánicos fueron disueltos, proporcionando las condiciones químicas necesarias para la neoformación de la esmectita. Más tarde, los sedimentos alterados fueron erosionados y las fracciones finas, producto de la erosión, fueron sedimentadas en el "Lago Pebas". La presencia de moluscos acuáticos excluye una meteorización *in situ* en la misma Formación Pebas.

La estratigrafía cíclica descrita (para secuencias en el contexto de la estratigrafía de secuencias, Miall 1997) caracteriza a los depósitos de la Formación Pebas según nuestras observaciones en varias localidades a lo largo del río Amazonas, entre las ciudades de Iquitos y Leticia (distancia de 200 km). La Formación Pebas estaría conformada estratigráficamente por este tipo de ciclos con grosores de varios cientos de metros; y por lo tanto, habría sido depositada por un período bastante largo en una cuenca somera en proceso de subsidencia. La fauna de moluscos indica condiciones de agua dulce, aunque aún es incierto si el lago estuvo conectado con el mar; de ser así, los ciclos indicando sumersión o emergencia podrían también reflejar cambios eustáticos del nivel del mar, y no sólo una subsidencia local.

La litofacies de arenitas gravosas con estratificación sesgada en el afloramiento "Tamshiyacu" representa los depósitos de terrazas de origen fluvial que sobreyacen en forma discordante a los sedimentos de la Formación Pebas. Esta discordancia representa un gran hiato en la sección. Los depósitos de terrazas de esta sección son descritos en el acápite "Depósitos de terrazas fluviales".

## **LA UNIDAD CANALIZADA DE PORVENIR (UNIDAD B)**

Sobreyaciendo a los depósitos de la Formación Pebas, se encontró una unidad caracterizada por la presencia de canales relativamente extensos con una EHI, y por la ausencia de material orgánico y moluscos. Esta unidad es denominada la Unidad



canalizada de Porvenir y será en adelante referida como la Unidad B. A continuación, se describirán los tres afloramientos en los que se observó a la Unidad B. En el afloramiento Porvenir, la Unidad B se encuentra sobreyaciendo en transición gradacional a la Formación Pebas. En el afloramiento Allpahuayo, el límite inferior de la Unidad B estaría caracterizado por una discontinuidad estratigráfica en la base del canal. Y en el afloramiento Buena Unión, el límite entre la Formación Pebas y la Unidad B estuvo sumergido bajo el nivel de las aguas durante el trabajo de campo.

#### El afloramiento Porvenir (Figura 4.6)

En el poblado Porvenir situado en la ribera occidental del río Amazonas, los estratos de la Formación Pebas y la Unidad B están expuestos a lo largo de 2 km. En esta localidad se encontraron tres canales con EHI, dos erosionados y uno intercalado con arenitas y lodolitas azuladas enriquecidas con moluscos y lignitos de coloración negruzca.

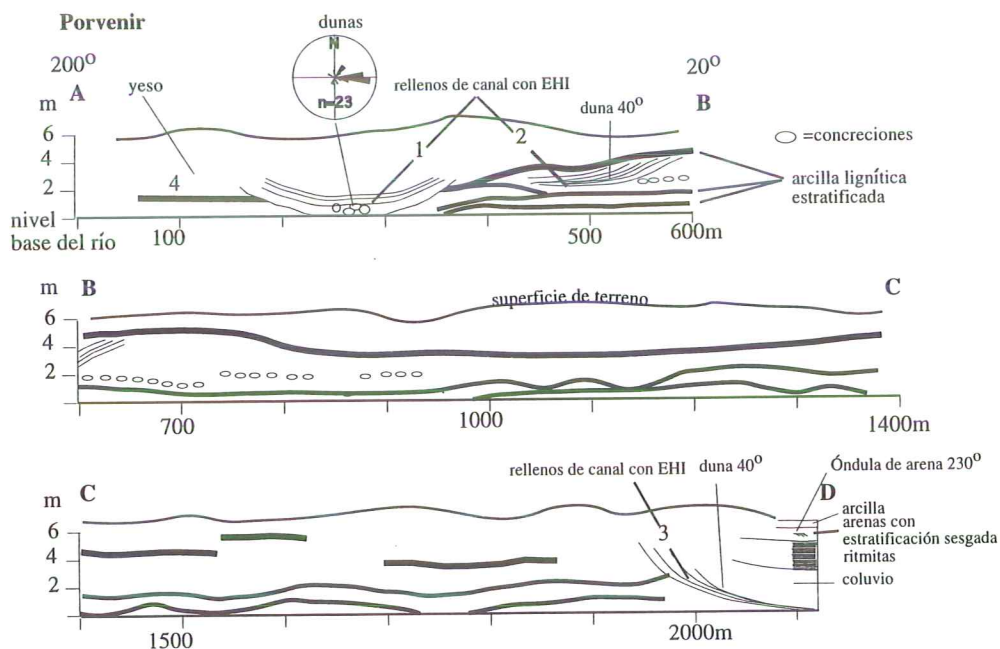


Figura 4.6. El afloramiento Porvenir.

Depósitos similares a los descritos en la sección Tamshiyacu (ver atrás) predominan en los afloramientos en Porvenir. En este capítulo no se intenta describir los sedimentos de una forma tan detallada como en la sección Tamshiyacu. Aquí, so-

lamente se describirán en detalle los componentes ligníticos del sistema Pebas. Los rellenos de canal con EHI son descritos en detalle, a continuación. Este afloramiento es el que indica, preferentemente, una transición gradual de los sedimentos de la Formación Pebas hacia la Unidad B.

En el afloramiento Porvenir las capas de lignito con arena y las capas de lodolita de la Formación Pebas son muy fosilíferas, conteniendo fauna típica de la Formación Pebas, junto con algunos elementos de fauna perimarina (Thais y Phos). Los depósitos difieren en algunos aspectos de la litología típica de Pebas: el afloramiento Porvenir tiene mayormente ciclos granodecrecientes, con la presencia de piritita y yeso.

La litofacies de **lodolita lignítica estratificada** está representada por tres horizontes distintos a lo largo del afloramiento. Las dos capas inferiores presentan aproximadamente 20 cm de grosor, y sus límites inferior y superior se encuentran en transición gradual. La capa superior de lignito presenta 30 a 40 cm de grosor, y su límite basal está muy bien definido, conteniendo restos de caracoles de tierra y huesos. En esta última capa de lignito también está presente el tocón de un árbol, y contiene abundantes icnofósiles de tipo *Thallasoides*. Una capa de moluscos que sobreyace a la capa superior de lignito, contiene moluscos típicos de ambientes fluviales. Todos los horizontes de lignito tienen una apariencia ondulante a una escala lateral de decenas a centenas de metros, con mayores grosores en las áreas donde ellos rellenan depresiones.

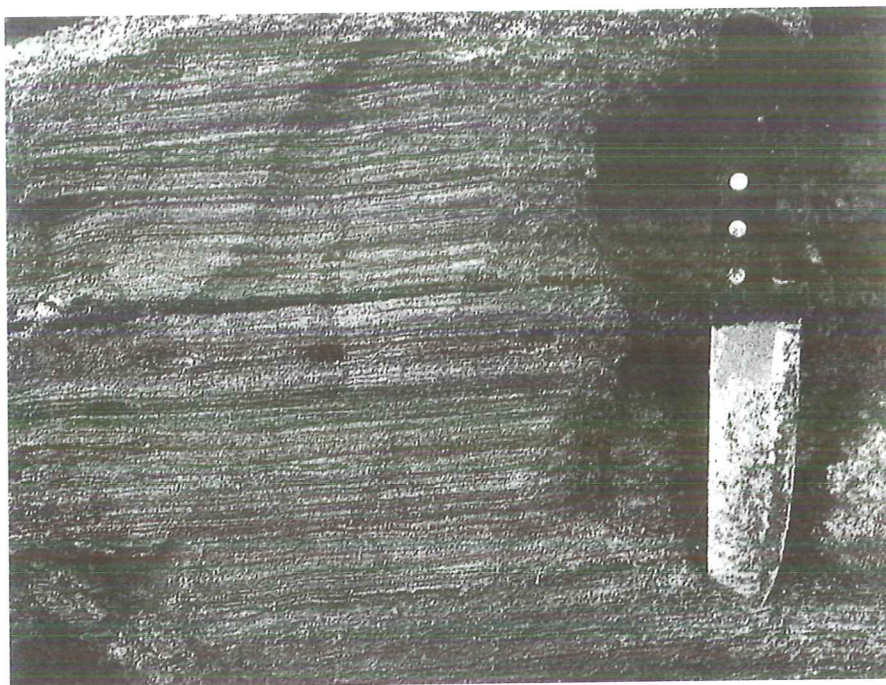
En el afloramiento Porvenir, los depósitos de los tres canales con EHI ("1" a "3" en la Figura 4.6) consisten mayormente de una litofacies de **arenita de grano fino con rizaduras interlaminares con lodolita masiva**. La presencia de estratificación sesgada en artesas es también típica en las arenitas. El más antiguo de estos canales ("2" en la Figura 4.6), el cual está interdigitado entre las capas de lignito, muestra una EHI buzando hacia el O (270°/05°). La estratificación sesgada en artesas hacia arriba, presente en los niveles inferiores, indica un flujo en el canal hacia el NE. Las concreciones son comunes en los niveles inferiores de los depósitos de canal de grano más grueso. La EHI gradúa hacia arriba a una lodolita azulada masiva. Los otros dos canales con EHI ("1" y "3" en la Figura 4.6) cortan profundamente a las lodolitas, arenitas y lignitos infrayacentes.

El canal con EHI localizado más al S ("1" en la Figura 4.6) ha preservado su estratificación sesgada en artesa en las concreciones formadas en sus facies con grano más grueso. Las concreciones fueron encontradas *in situ* y contienen algunas capas con estratificación sesgada en artesas hacia arriba, cuyas láminas muestran direcciones opuestas en estratos adyacentes (formando una estructura sedimentaria parecida a la columna vertebral de un pez (en inglés *herringbone-cross-stratification*); la dirección promedio de paleocorriente de las arenitas con estratificación sesgada indica hacia el E. El límite superior de esta unidad con EHI no fue encontrado.

Las arenitas inferiores en la unidad de EHI ubicada más al N ("3" en la Figura 4.6), contienen abundantes intraclastos de lodolitas, restos orgánicos negruzcos, caracoles de tierra de gran tamaño, dientes de cocodrilo, huesos de vertebrados y coprolitos. Los intraclastos y los fósiles son comunes en la base de los canales. Las mediciones de paleocorriente, realizadas sobre un estrato con estratificación sesgada artesa y ubicado directamente sobre las unidades ya descritas, indican direccio-



nes hacia el NE. Las capas con EHI están cubiertas por una litofacies de **arenita de grano fino inter laminada rítmicamente con lodolitas enriquecidas en materia orgánica**, de aproximadamente 2 m de grosor. Las secuencias de arenitas cuarzosas y las enriquecidas en materia orgánica se alternan regularmente (Figura 4.7), y contienen nódulos de pirita. Esta litofacies de **arenita de grano fino inter laminada rítmicamente con lodolitas enriquecidas en materia orgánica** fue también observada en un afloramiento, 3 km al NO de la villa de San Regis, en la margen norte del río Marañón, unos 40 km al SO de Porvenir, donde ésta sobreyace concordantemente a un depósito de canal con EHI. En otro afloramiento ("Nauta 1", descrito en conexión a la Unidad C), unas láminas del mismo tipo de litofacies muestran una variación en grosor repetidamente de 12 a 14 laminaciones de mínimo a mínimo (y de máximo a máximo) (Figuras 4.8 y 4.9). Las estratificaciones rítmicas del afloramiento también fueron reconocidas bajo el microscopio sobre una sección delgada de sedimentos no disturbados. Los depósitos así descritos presentan un contenido de arcillas 16,9 %, de limos 25,8 % y de arenas 57,3 % (Tabla 4.2).



**Figura 4.7.** Arenitas de grano fino rítmicamente laminadas y lodolitas enriquecidas en materia orgánica (láminas muy oscuras) del canal 3 en la Figura 4.6 en el afloramiento Porvenir. La flecha indica un nódulo de pirita. (Foto: Räsänen)



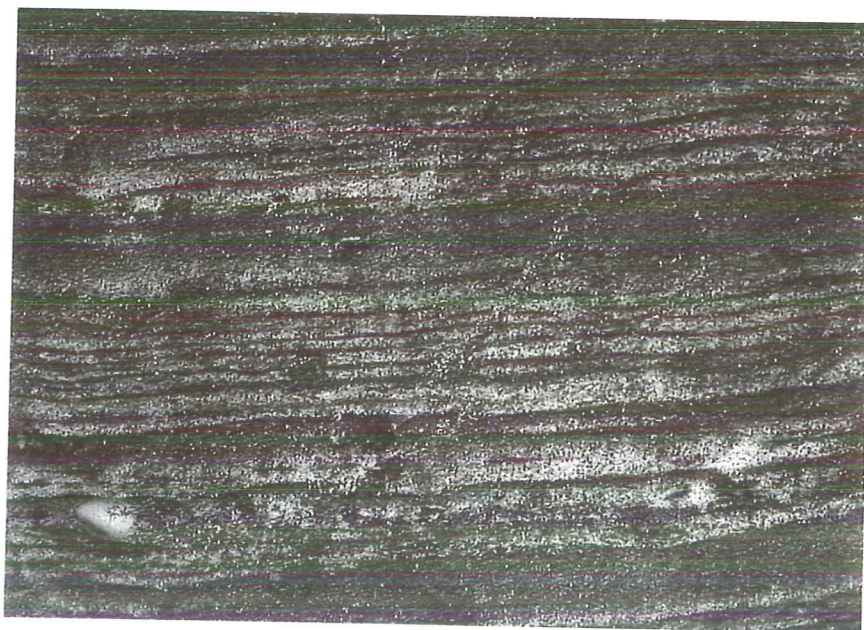


Figura 4.8. Depósitos rítmicamente laminados en "Nauta 1" (Carretera Nauta - Iquitos km 13,57), para las variaciones entre las diferentes láminas ver la Figura 4.9. El color rojizo de estas tierras indica oxidación. (Foto: Räsänen)

Las ritmitas del canal 3 en el afloramiento "Porvenir" se encuentran cubiertas por una litofacies de **arenitas cuarzosas de grano fino con estratificación sesgada planar**. La estratificación sesgada planar de las óndulas de arenas indican direcciones de paleocorriente hacia el SO. Las arenitas gradúan hacia una litofacies de **lodolita masiva**.

#### El afloramiento Allpahuayo (Figura 4.10)

Los niveles inferiores de esta sección a lo largo de la Carretera Iquitos - Nauta km 27,8 fueron estudiados a ambos lados de la carretera; los niveles superiores fueron estudiados únicamente en el lado oriental de la carretera.

La base de la sección consiste de una litofacies de **lodolitas azuladas arenosas, interestratificadas con lodolitas ligníticas** (lodolitas carbonosas). El contenido de arenas en las lodolitas azuladas masivas va incrementándose hacia arriba hasta un 57 %. Los dos horizontes de lodolitas ligníticas estratificadas son ondulantes y presentan grosores de 15 a 20 cm. La fracción de arena consiste mayormente de cuarzo, y tiene un 15 % de feldespatos y fracciones líticas (Figura 4.11). La composición mineralógica de las arcillas azules está dominada por esmectita difusa de carga alta.

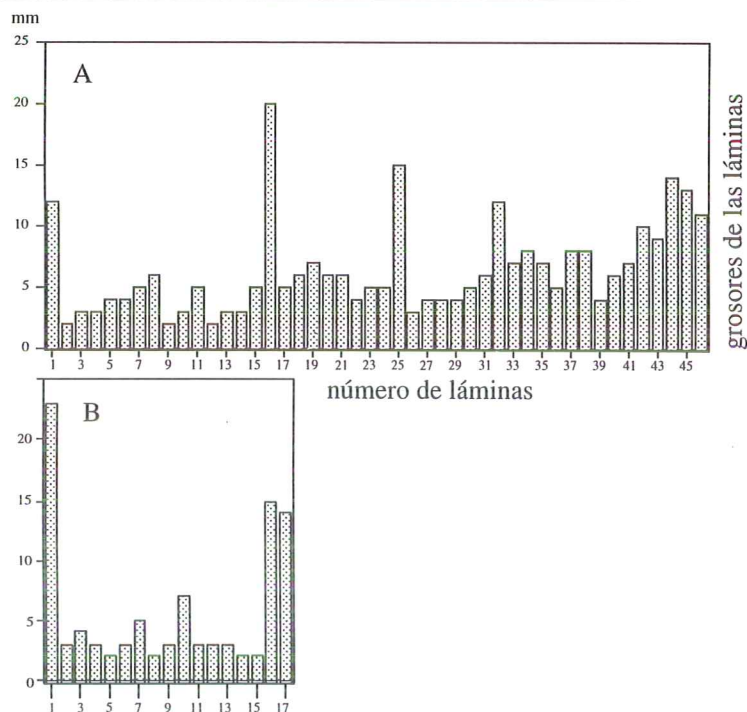


Figura 4.9. Variación en los grosores de las láminas de arenitas y lodolitas (arcilitas). Las láminas 1 a 17 fueron calculadas dos veces en dos lugares distintos (A y B), separados a un metro de distancia, para demostrar la variación lateral en grosor de las láminas.

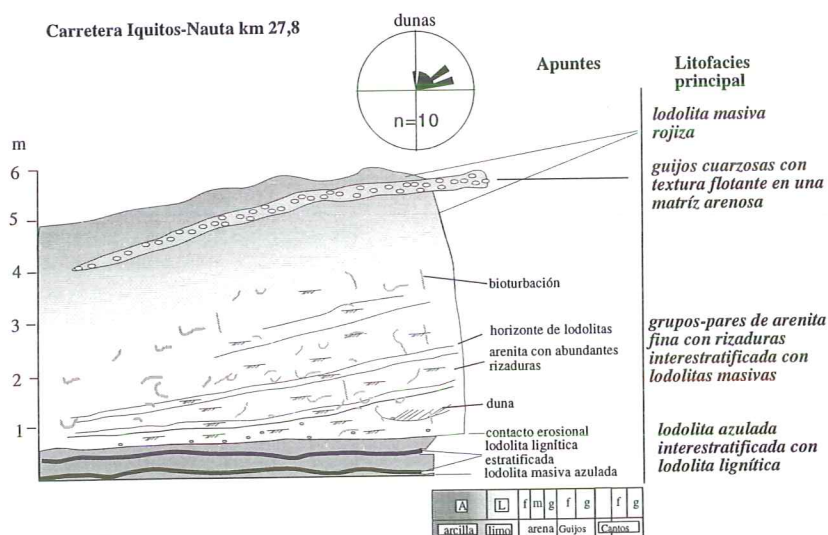


Figura 4.10. El afloramiento Allpahuayo.

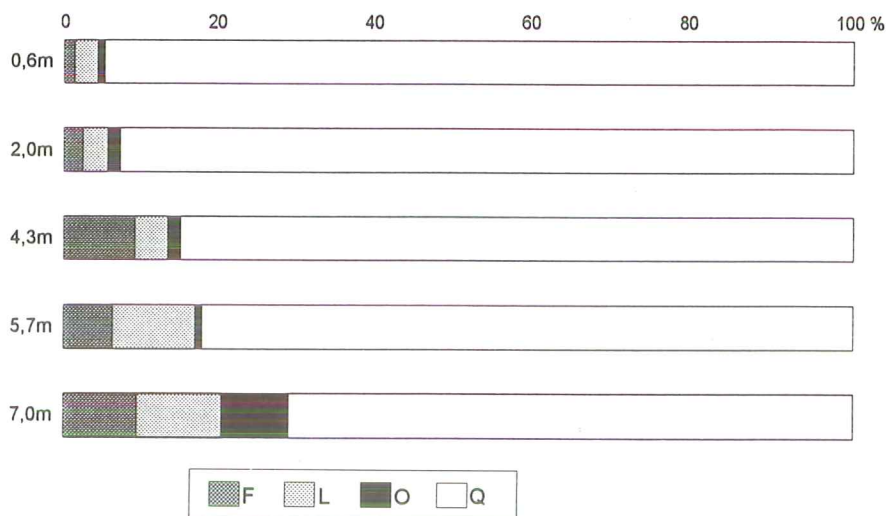
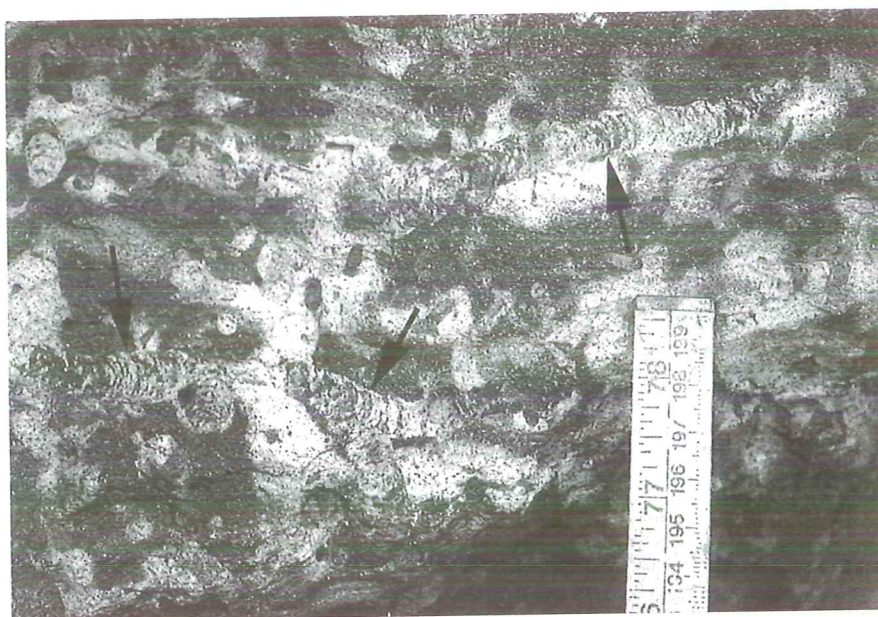


Figura 4.11. Porcentaje relativo del contenido de feldespatos (F), fracciones líticas (L) cuarzo (Q), y otros minerales (O) a diferentes profundidades bajo el tope de la sección en el afloramiento Allpahuayo. Las dos muestras más bajas representan a la Formación Pebas.

Sobreyaciendo a las lodolitas arenosas y a las lodolitas ligníticas en contacto erosional, se encuentra una litofacies de **arenita de grano fino con rizaduras interes-tratificada con lodolita masiva** que forma grupos-pares repetidos de arenita y lodolita. Los grupos-pares construyen una EHI similar a la observada en los depósitos de canal en los afloramientos en Porvenir y Tamshiyacu. Las superficies depositacionales de los grupos-pares que forman la EHI buzan hacia el N-NO (320/ 07°). El grupo-par inferior contiene intraclastos de lodolita derivadas de las lodolitas infrayacentes. Las capas arenosas de los grupos-pares presentan varios decímetros de grosor y contienen rizaduras planares. En esta sección, también se pueden observar estratificación sesgada en artesas que indican deposición de dunas. Las dunas en esta sección, y las observadas en un afloramiento en el km 26,9 a lo largo de la Carretera Iquitos - Nauta, indican una vez más direcciones de paleocorriente hacia el NE. Las capas de lodolita en los grupos-pares sobreyacen en concordancia a las arenitas, y presentan aproximadamente 2 cm de grosor. Toda la unidad de tipo canal presenta moteamiento, una coloración rojiza e intensa bioturbación (Figura 4.12). La litofacies se hace masiva hacia el tope y los grupos-pares de arenita y lodolita desaparecen gradualmente. En la arenita el contenido de feldespatos y de fracciones líticas disminuye desde 10 % en la base de la sección hasta 5 % hacia el tope. Son comunes los pseudomorfos de feldespatos y la fracción de arcilla es predominantemente caolinítica. La illita se altera a clorita aluminica al perder su potasio entre los 2 m y 0,5 m bajo el tope de la sección.



El tope del afloramiento está conformado por una litofacies de **lodolita masiva rojiza** con **clorita aluminica** y **caolinita**, como los minerales de arcilla predominantes, a 0,2 m bajo el tope de la sección. Las muestras de los niveles 0,2 m y 4 m bajo el tope fueron sometidas a análisis de FRX (Figura 4.13). El cociente de Si/Al, entre 4 y 0,2 m bajo la superficie de la sección, disminuye de 1,53 a 1,39. Simultáneamente, el contenido de caolinita se incrementa. Con la transformación de **ilita** a **clorita aluminica**, el contenido de potasio disminuye de 12,45 a 5,00 mg kg<sup>-1</sup>, el contenido de magnesio disminuye de 4,80 a 3,60 mg kg<sup>-1</sup> y el contenido de titanio aumenta de 3,90 a 9,05 mg kg<sup>-1</sup>; aunque, ningún mineral relacionado al titanio fue detectado. El contenido de calcio, en ambas muestras, estuvo por debajo del límite de detección. Una litofacies de **guijos de textura flotante en una matriz arenosa** fue observada interestratificada en la litofacies anterior. La capa consiste únicamente de guijos de cuarzo bien redondeados.

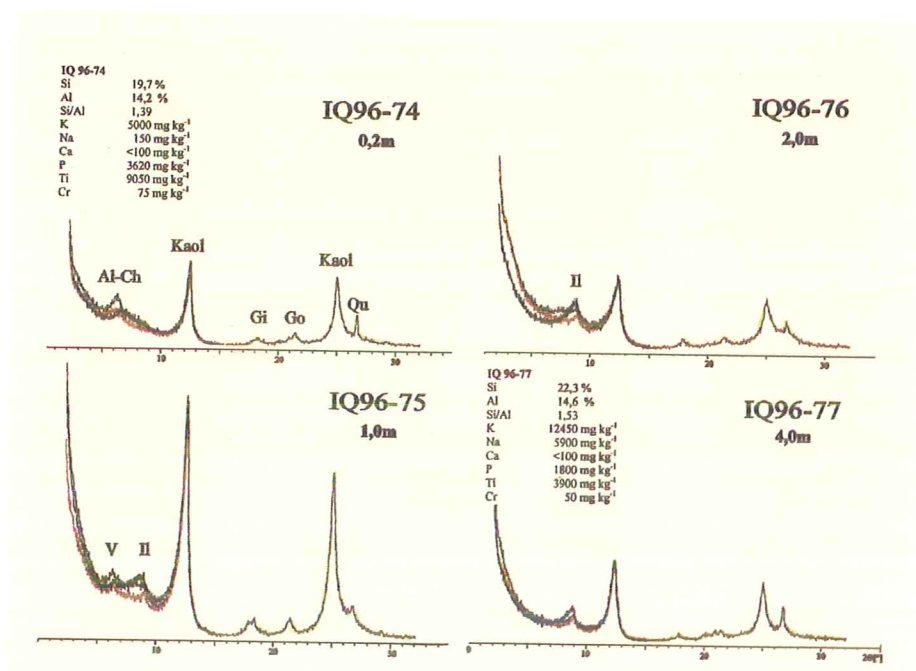


**Figura 4.12.** Rasgos de bioturbación (flechas) en la litofacies de arenita de grano fino con abundantes rizaduras interestratificada con lodolita masiva en el afloramiento Allpahuayo.

#### **El afloramiento Buena Unión (Figura 4.14)**

Este afloramiento está ubicado en la ribera occidental del río Amazonas a un nivel más inferior que la villa de Buena Unión. El afloramiento contiene tres depósitos diferentes de relleno de canal con EHI; todos buzando hacia direcciones distintas (200°-240° / 10°-20°, 40° / 20°, 270° / 10°). El depósito estudiado de relleno de canal con EHI fue expuesto durante un deslizamiento de tierras ocurrido unos meses

antes del trabajo de campo. La parte superior de la sección, ubicada aproximadamente a 20 m sobre el nivel del río, alcanza la superficie plana en la cual se ubica la villa Buena Unión.



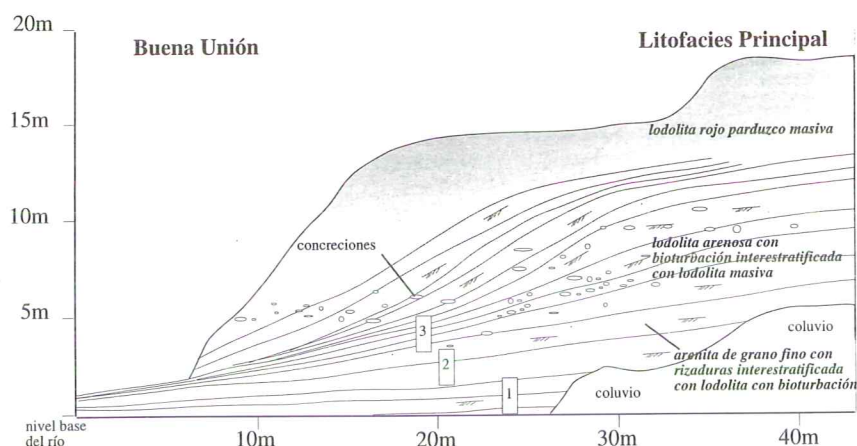
**Figura 4.13.** Resultados de los análisis de DRX y FRX de la fracción <2µm de las muestras del afloramiento Allpahuayo. En toda la sección, la caolinita es el mineral de arcilla predominante. Además de la caolinita, se encuentra illita pura a 4 m de profundidad en la sección. Debido a la meteorización, la illita presente en las muestras, a 2 m y 1 m de profundidad, es expandible. Esta illita reacciona con el potasio y con el etilenglicol. Los especímenes tratados con magnesio se aprecian en verde. A 0,2 m de profundidad en la sección, el aluminio ya está en la posición interna estructural del mineral de arcilla. Obsérvese también el contenido creciente de gibsita (Gi) y goetita (Go). Las abreviaciones utilizadas en los diagramas de DRX (Difractometría de rayos X) son: Sm=Esmectita, Kaol=Caolinita, Il=Illita, v=Vermiculita, Gi=Gibsita, Go=Goetita, Q=Cuarzo, Py=Pirofilita, Ana=Anatasa, RU=Rutilo, AL-Ch=Clorita aluminica, EG=tratamiento con vapores de etilenglicol a 80°C, K=Tratamiento con acetato de potasio, Mg=Tratamiento con acetato de magnesio.

De acuerdo a la población local, los sedimentos arcillosos enriquecidos con el contenido de moluscos pueden ser observados aproximadamente a 3 metros bajo la base de la sección estudiada (nivel de base del río el 14 de setiembre de 1996). Estos depósitos probablemente representan a la Formación Pebas.

El afloramiento estudiado contiene una unidad muy extensa con EHI. En el nivel inferior de la sección, las superficies depositacionales tienen una inclinación de

240° / 10°, y en el nivel de 4 m tienen una inclinación de 200° / 20° (buzamiento general hacia el SO). Hacia el tope, la estratificación se hace sinusoidal y su amplitud es mayor de 10 metros.

En los 3,5 m inferiores de la sección la EHI está compuesta de una litofacies de arenita de grano fino con rizaduras interestratificada con lodolita con bioturbación. La arenita y la lodolita forman grupos-pares de 20 a 80 cm de grosor.



**Figura 4.14.** Afloramiento Buena Unión. Los rectángulos 1-3 indican la ubicación de las secciones detalladas en la Figura 4.16. El afloramiento representa depósitos de un canal, su parte superior está más meteorizada.

Las arenitas de grano fino con rizaduras de varios decímetros de grosor en los grupos-pares son de color gris, contienen lodolita y sobreyacen a las capas de lodolita con un contacto deformado. Las rizaduras indican direcciones de paleocorriente hacia el SO - S. Las superficies de depositación de las arenitas contienen restos orgánicos negruzcos finos y restos de madera, frecuentemente piritizados. Hacia el tope, las arenitas presentan bioturbación y en varias localidades las arenitas están deformadas e incluso presentan estratificación convoluta en la capa de lodolita infrayacente. Los constituyentes dominantes son cuarzo (40 %) con feldespatos y fracciones líticas (15 % ambos, Figura 4.15).

La transición de arenita a lodolita en los grupos-pares está usualmente deformada, pero también puede ser gradacional. Las capas de lodolita de varios decímetros de grosor pueden presentar intensa bioturbación o ser masivas, y contienen algo de pirita (Figura 4.16). Las arcillas consisten predominantemente de esmectita de carga baja junto con caolinita, cuarzo e ilita en cantidades menores.



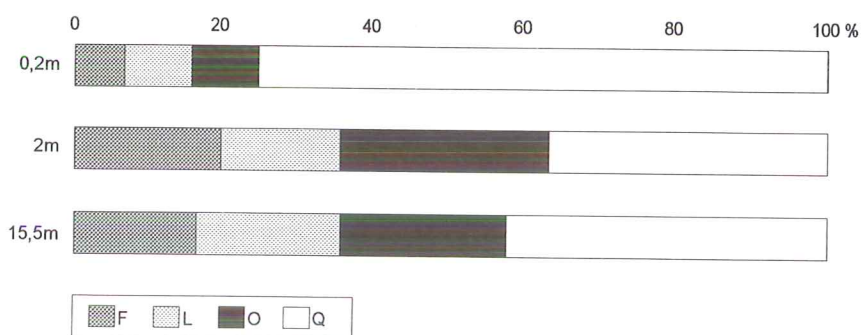


Figura 4.15. Porcentaje relativo del contenido de cuarzo (Q), feldespatos (F), fracciones líticas (L) y otros minerales (O) a diferentes niveles en la sección del afloramiento Buena Unión.

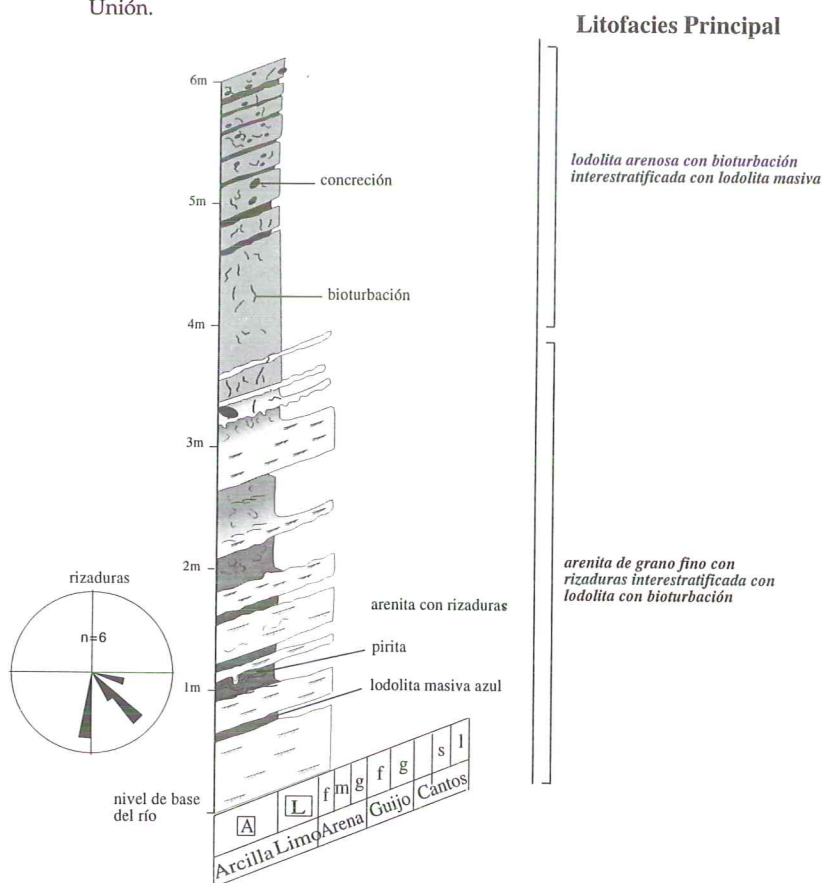


Figura 4.16. Estratigrafía detallada del nivel inferior del afloramiento Buena Unión.

A partir de los 3,5 m sobre la base, predomina una litofacies de **lodolita arenosa con bioturbación interestratificada con lodolita masiva** con grupos-pares similares, aunque más oscuros que en la litofacies infrayacente. Al mismo tiempo que el cambio de litofacies, la coloración varía de gris a marrón y el grado de bioturbación aumenta. Las concreciones de carbonatos se hacen más abundantes y sus diámetros se incrementan de 1-2 cm hasta decenas de centímetros. Esta litofacies alcanza hasta unos 10 m de altura en la secuencia dónde los grupos-pares se hacen más difusos e indistinguibles.

El tope de la secuencia consiste en una litofacies de **lodolita (arenosa) rojo parduzca masiva**. En los 2 m superiores, el contenido de cuarzo en la fracción de arena aumenta de 40 a 80 %, y el contenido de feldespatos, fracciones líticas y otros minerales, disminuye. En forma paralela, en la fracción de lodolita los contenidos de caolinita y cuarzo aumentan, y el contenido de esmectita disminuye. En el metro superior, se observa una cantidad mayor de pirofilita. En resumen, la secuencia es granodecreciente con unos grupos-pares que adelgazan y son más arcillosos hacia el tope.

Las fracciones <2µm de tres muestras, a 0,2 m, 1m y 20 m bajo el tope de la sección, fueron analizadas con DRX y FRX (Figura 4.17A). Los altos contenidos de esmectita dieron un cociente elevado de Si/Al (2,06) en la muestra del nivel más inferior. Hacia el tope, el contenido de esmectita disminuye al ser reemplazado por caolinita. Esta tendencia también se distingue en los contenidos de potasio, calcio y magnesio.

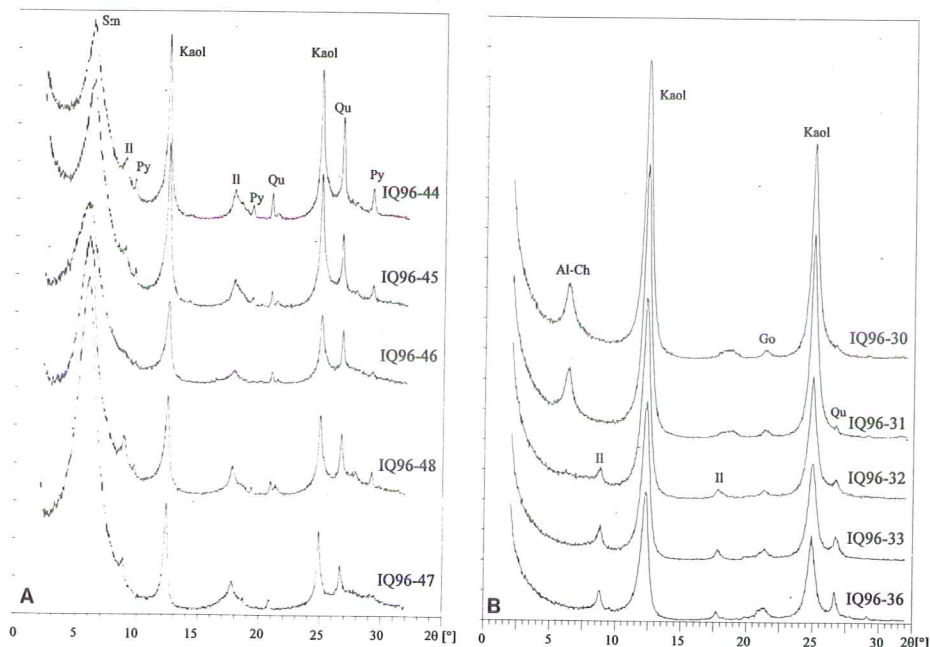
## Interpretaciones del paleoambiente y la meteorización postdeposicional

### *Información adicional para la Formación Pebas*

Las estructuras sedimentarias y la mineralogía de las lodolitas y lignitos en los 0,5 m inferiores del afloramiento Allpahuayo, y de la mayoría de arenitas, lodolitas y lignitos en el afloramiento Porvenir, indican que estos sedimentos pertenecerían a la Formación Pebas. El límite entre la Formación Pebas y la Unidad B es gradacional, con depósitos de relleno de canal con la típica EHI que ocurre dentro de la Formación Pebas; por ejemplo, en el afloramiento Porvenir. El límite entre la Formación Pebas y la Unidad B no estaba expuesto en el afloramiento Buena Unión.

Los sedimentos de la Formación Pebas en estas secciones añaden nueva y muy importante información, para entender el contexto paleoambiental bajo el cual esta formación fue depositada. La naturaleza alóctona predominante de los horizontes de la litofacies de **lodolita lignítica estratificada** de la Formación Pebas es ilustrada por la arquitectura de estos horizontes en Porvenir. Aquí, los horizontes ligníticos cubren un paleorelieve subacuático y rellenan las depresiones de los cauces de los canales. Los horizontes ligníticos que cubren los canales pueden indicar los abandonamientos de los canales subacuáticos (Horne & Ferm 1978). El nivel de lignito superior, y a su vez el más prominente en la sección Porvenir, contiene una base erosiva con huesos y caracoles de tierra de grandes dimensiones; pero, también contiene un tocón de árbol *in situ*. Esto ha sido interpretado como evidencia de la inundación de un bosque (posiblemente un bosque de manglares o un bosque

pantanoso), sin necesidad del desplazamiento del tocón o los otros elementos. En una localidad ("4" en la Figura 4.6), el lignito grada a un lignito arenoso conteniendo moluscos típicos de ambientes fluviales modernos. Esta capa claramente indicaría, la transición de un ambiente predominantemente lacustrino hacia ambientes con una mayor influencia fluvial. También indicaría, un área de proveniencia en los Andes. Simultáneamente, también se encuentran evidencias de una influencia marina creciente; moluscos de ambientes semimarineros, bioturbación de tipo *Thalassoides*, pirita, y yeso.



**Figura 4.17.** Resultados de los análisis de DRX de la fracción <2µm de las muestras estudiadas. A. Afloramiento Buena Unión. B. Afloramiento "Nauta 3". Para obtener más detalles, ver la Figura 4.13.

Según nuestras observaciones en varios afloramientos de la Formación Pebas en Loreto, se encuentran otras capas de lignitos, similares a las ya descritas, conteniendo una base erosiva, una zona de saturación y una de transición, que son cubiertas por lodolitas conteniendo faunas propias de ambientes lacustrinos. Estas capas de lignitos representan, probablemente, las primeras etapas de sumersión (una superficie inundable). Otras capas de lignitos y de lodolitas orgánicas están conformadas casi exclusivamente por materia orgánica muy fina (por ejemplo, en el nivel 0,8 m en el afloramiento Tamshiyacu, en los dos estratos inferiores en la sección Porvenir y en las capas de lignitos en la sección Allpahuayo). Estas capas de lignitos fueron depositadas, muy probablemente, como materia orgánica alóctona en aguas mas profundas, durante del tiempo de sumersión máxima, pero tam-



bién podrían incluir materia orgánica de origen autóctono proveniente de vegetación acuática flotante.

La fauna de moluscos de las lodolitas de la Formación Pebas en Porvenir contiene algunas especies perimarinas (*Thais woodwardi*, *Phos* sp.). Esto, junto con la abundancia de pirita y anhidrita autógena en las lodolitas en la misma localidad, indica cierta influencia marina en el sistema. Por lo tanto, aunque una gran parte de la sedimentación en el sistema ha sido controlada por controles inherentes en el ambiente (autocíclicos), el control eustático del nivel de las aguas del mar se debe tener en cuenta cuando se interprete el origen de las superficies inundables, los niveles de inundación máxima y las secuencias progradacionales de los ciclos sedimentarios (parasecuencias) en el afloramiento Porvenir. En publicaciones futuras, todo el material se va a discutir en un contexto de estratigrafía secuencial.

#### *Interpretación de la Unidad canalizada de Porvenir (Unidad B)*

Entre los horizontes ligníticos del afloramiento Porvenir ("2" en la Figura 4.6), se encontró un canal relativamente pequeño conteniendo una litofacies de **arenitas de grano fino con rizaduras interestratificadas con lodolitas masivas** formando una EHI. Los depósitos de relleno de canal de dimensiones pequeñas con EHI son comunes a lo largo de toda la Formación Pebas; pero, en este caso hay indicaciones que este canal en particular desembocó hacia una línea de costa en una cuenca con cierta influencia marina. Los depósitos de relleno de canal con EHI, que completan canales que cortan profundamente a los depósitos de la Formación Pebas en la sección Porvenir ("1" y "3" en la Figura 4.6), son muy similares al canal en el afloramiento Buena Unión. En general, estos canales contienen menos materia orgánica, aunque más intensamente retrabajada, que en canales similares en los sectores estratigráficamente más antiguos de la Formación Pebas, que pueden contener restos completos de hojas en las superficies depositacionales.

Los grupos-pares de arenitas-lodolitas en los canales de la Unidad B, generalmente son más gruesos que los canales propiamente dichos de la Formación Pebas; mayormente, debido al incremento de grosor de las capas de arenita en los grupos-pares de arenitas-lodolitas. Los estratos de arenitas en los grupos-pares de la Unidad B, muy frecuentemente contienen dunas con estratificación sesgada. Todas estas características indican velocidades de corrientes poco más altas en los canales de la Unidad B. Paralelamente, se produce un incremento del tamaño de los canales desde la Formación Pebas hacia la Unidad B. La EHI en el afloramiento Buena Unión muestra un paleo-canal que alcanza profundidades entre 10 y 15 m; los canales en la Formación Pebas tienen, por lo general, sólo unos metros de profundidad.

El canal Buena Unión y el canal en el afloramiento Allpahuayo gradan a una litofacies de **lodolita masiva**. Esta facies fue desarrollada a través de una intensa meteorización. En el afloramiento Allpahuayo (Figura 4.13), el aluminio ya está fijado a la posición interna estructural del mineral de arcilla, lo que solamente es posible a esta profundidad (menor o igual a un metro), bajo un clima tropical durante un período bastante largo. Los altos valores de caolinita y la existencia de clorita aluminica en el afloramiento Allpahuayo, y el cambio de lodolitas con contenidos

predominantes de esmectita a contenidos predominantes de caolinita y pirofilita en Buena Unión (Figura 4.17A), indican el tipo de alteración. En Allpahuayo la meteorización intensa y de larga duración se puede apreciar también en la alta disminución del contenido de potasio, magnesio y sodio y en la disminución del cociente Si/Al desde los 4 m hasta 1 m de profundidad. Debido a la meteorización, se produjo un enriquecimiento del contenido de titanio y de cromo.

El contenido inicial relativamente alto de ilita, junto con la geoquímica variada de la muestra inferior (Figura 4.13) indican que la sección se habría originado a partir de una roca sedimentaria arcilícea muy fisible. En Allpahuayo y Buena Unión la meteorización penetró a los depósitos de relleno de canal de los niveles superiores, los cuales originalmente también podrían haber sido masivos y de grano fino.

En el afloramiento Allpahuayo, la fuerte bioturbación mostrada en la Figura 4.11, es muy probable que sea una bioturbación de origen secundario, ocasionada por escarabajos y formada durante la meteorización.

En las tres localidades [Porvenir, San Regis (fuera del área de estudio) y Nauta], los canales con EHI gradúan a una litofacies de **arenita de grano fino rítmicamente laminada con lodolita y materia orgánica**. Esta facies sobreyace concordantemente al depósito de relleno con EHI, y estaría conformada por materiales depositados en las zonas superiores de barras meándricas en canales. Estos canales se habrían encontrado en proceso de migración lateral formando depósitos de acreción lateral con EHI. En el afloramiento "Nauta 1", esta facies muestra una ritmicidad que es interpretada como depositada en un ambiente con influencia de mareas. Las laminaciones más finas habrían sido depositadas durante bajamar mínima con una mínima amplitud que se repetían cada 12 vo a 14 vo día, tal como se muestra en la Figura 4.9; y las laminaciones más gruesas, habrían sido depositadas durante la alta-marea máxima (ingl. *spring-tide*) con una amplitud máxima, con la misma periodicidad. Uno de los canales en Porvenir, también mostró una estratificación sesgada con laminaciones contrarias en estratos adyacentes, indicando que la depositación en estos canales fue afectada por corrientes de mareas.

En el afloramiento Buena Unión existen abundantes concreciones de carbonatos (diámetro: centímetros hasta decímetros) en el suelo, en la litofacies meteorizada de **lodolita arenosa con bioturbación interestratificada con lodolita masiva**, mostrando la acción de los procesos de formación de suelos.

## LA UNIDAD CANALIZADA DE NAUTA (UNIDAD C)

La litofacies de **arenita de grano fino rítmicamente laminada con lodolita y materia orgánica** de la Unidad canalizada de Porvenir en el afloramiento "Nauta 1", e interpretada como depositada bajo condiciones con influencia de mareas, está cubierta concordantemente por capas inclinadas de arenitas de grano más grueso con estratificación sesgada, interestratificadas con capas de lodolita rojiza masiva. Las capas de lodolitas son características para estos depósitos sobreyacentes (la Unidad C), las cuales están fuertemente retrabajadas y forman una estratificación transpuesta. Estos depósitos forman la unidad geológica expuesta superior, a lo largo de



los primeros 15 km de la carretera Nauta - Iquitos. Las secciones a lo largo de la carretera Nauta - Iquitos han sido documentadas en detalle por Rebata (1997). A continuación se describen dos afloramientos representativos de este trabajo.

### El afloramiento "Nauta 2" (Figura 4.18)

El nivel inferior del afloramiento (carretera Nauta - Iquitos km 9,24 - 9,28) contiene una capa masiva de arenita con intraclastos de lodolita con las superficies de deposición ligeramente inclinadas hacia el Este (Figura 4.19). Una litofacies ligeramente **inclinada de arenita masiva/estratificada e interestratificada con lodolita** sobreyace a los depósitos anteriores (Figura 4.18). Los límites entre las capas de arenita y lodolita en esta litofacies están bien definidos y frecuentemente son erosivos. También aquí, las superficies de deposición buzan ligeramente hacia el E. En el nivel inferior de esta litofacies, las lodolitas están brechadas y forman una estratificación en transposición. Estas capas transpuestas son una continuación de las capas infrayacentes mostradas en la Figura 4.19.

Las arenitas son rojizas, de grano grueso y contienen menos feldespatos (< 10 %) que las arenitas de la Formación Pebas o que los depósitos de la Unidad B. Los feldespatos, fracciones líticas y otros, completan aproximadamente el 20 % de su composición: el resto consiste de cuarzo. Se encontraron cantidades menores de goetita y lepidocrocita. El contenido de arcillas en las arenas es un tanto elevado y la mineralogía está dominada por la caolinita. La laminación sesgada en las rizaduras de varias capas de arenitas muestran direcciones de paleocorriente opuestas, hacia el NE y SO, respectivamente.

Las capas de lodolitas son rojizas y están interestratificadas con capas lenticulares de arenitas con rizaduras. La capa superior de lodolita contiene algunos niveles enriquecidos con materia orgánica. La caolinita es el mineral de arcilla predominante, a excepción del nivel inferior de la sección, donde se encontró también ilita.

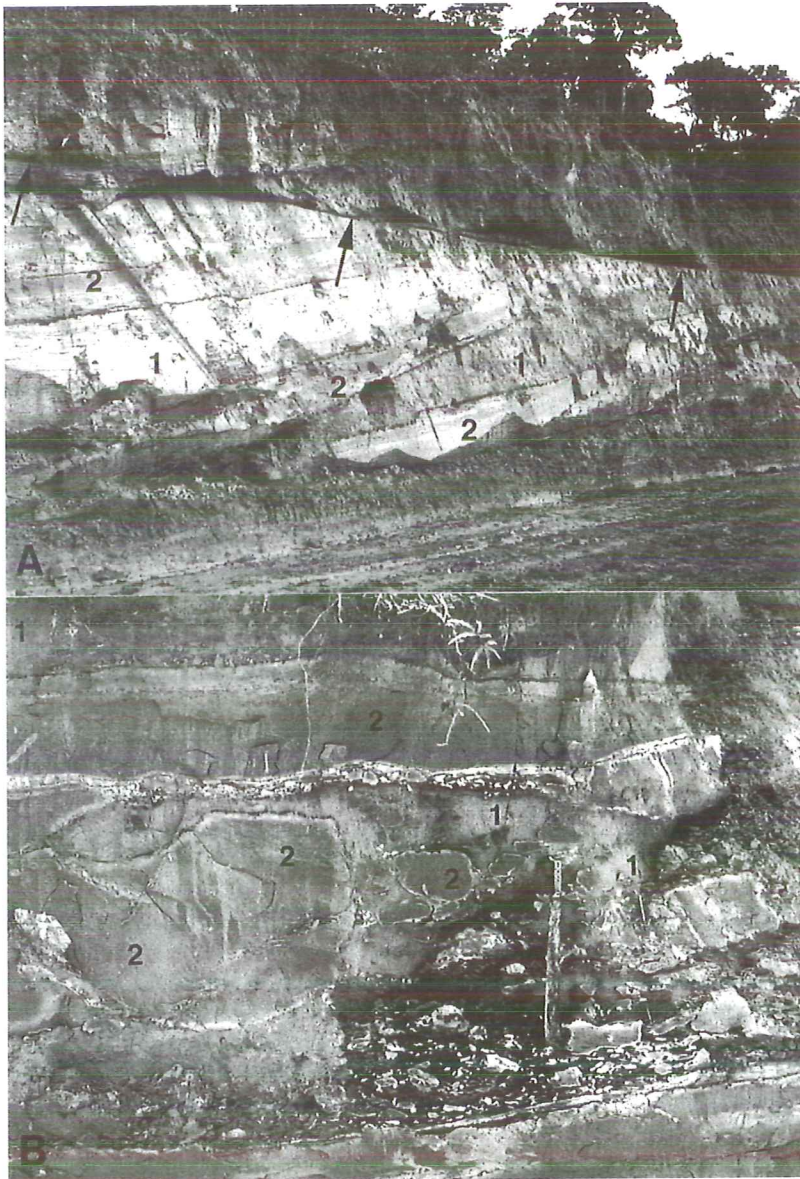
El nivel superior de la sección está compuesto por una litofacies ligeramente **inclinada de arenita masiva de grano fino interestratificada con lodolita**. Los límites entre la arenita y la lodolita pueden ser ondulantes, bien definidos y hasta erosivos. Esta litofacies puede ser caracterizada por una EHI que buza hacia el E. Las capas de lodolita y arenita tienen 20 a 30 cm de grosor. Las arenitas masivas están compuestas por cuarzo (90 %), feldespatos (< 5 %). Las lodolitas son caolínificadas con cantidades menores de goetita y lepidocrocita. En el metro superior del afloramiento la lodolita contiene clorita aluminica.

La sección forma una sucesión de capas de arenita y lodolita que adelgazan hacia el tope y que presentan laminación y estratificación sesgada en las arenitas, indicando direcciones de paleocorriente hacia el NE en el nivel inferior, y hacia el SO y NE en la parte media.

Según del análisis por DRX y FRX en niveles 0,1 m, 0,2 m, 1,6 m y 5 m bajo el tope, la caolinita es el mineral de arcilla predominante (Figura 4.20). Además de la caolinita, a 5 m y a 1,6 m de profundidad, se observa ilita con una relativa alta proporción de capas expansibles (ver la Figura 4.13). A 0,2 m y 0,1 m de profundidad se observa una clorita aluminica bien desarrollada. El cambio mineralógico hacia el







**Figura 4.19.** A. El nivel inferior del afloramiento "Nauta 2" con las superficies de deposición ligeramente inclinadas hacia el Este, con capas de arenitas y lodolitas. B. Intraclastos de lodolita en arenita en el afloramiento "Nauta 2". Las flechas señalan límite artificial ocasionado por maquinarias al ejecutar la construcción de la carretera. 1=arenita, 2=lodolita. (Fotos: Räsänen)

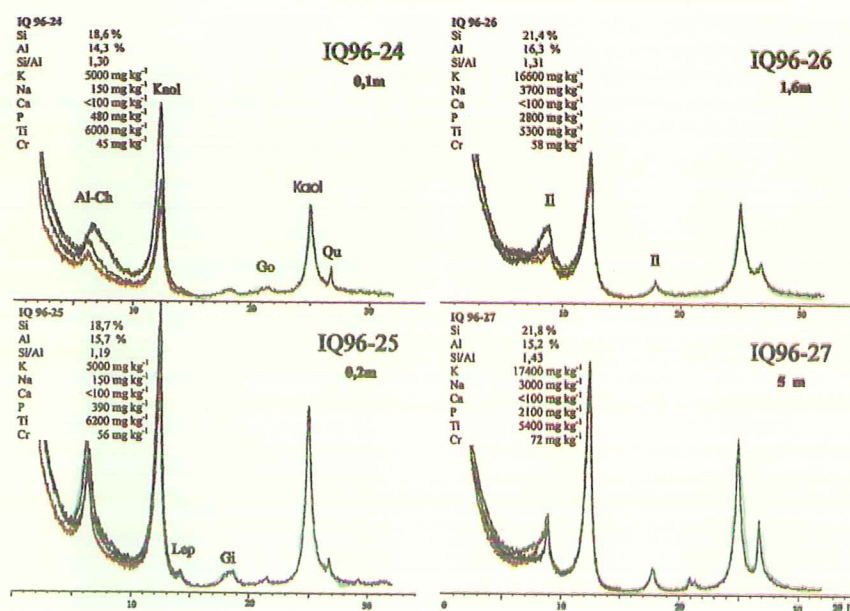


Figura 4.20. Resultados de los análisis de DRX Y FRX del afloramiento "Nauta 2". Para obtener mayores detalles ver la Figura 4.13.

### El afloramiento "Nauta 3" (Figura 4.21)

Los 7,3 m inferiores de este afloramiento (carretera Nauta - Iquitos km 14,6) contienen dos ciclos (0,5 m y 5,0-7,3 m) de una litofacies de arenita granodecreciente con estratificación sesgada y lodolita. Las capas tabulares con estratificación sesgada muestran direcciones de paleocorriente hacia el N.

Las arenas de grano fino a medio tienen altos contenidos de limo (16-52 %) y arcilla (13-37 %) (arenitas lodosas). Los intraclastos de lodolita son redondeados y abundantes a lo largo de la parte distal de las láminas y en los planos de estratificación sesgada. La presencia de intraclastos de lodolita habría incrementado la cantidad porcentual de limo y arcilla en las muestras tamizadas. La mineralogía de las arenitas en este afloramiento (Figura 4.22), es similar a la de las arenitas en el nivel inferior del afloramiento "Nauta 2".



Carretera Nauta-Iquitos, Km 14,52 - 14,6.

Sección oriental.

Fecha de adquisición de datos: 23 setiembre de 1996

Direcciones de paleocorriente hacia: SO, NE & SE

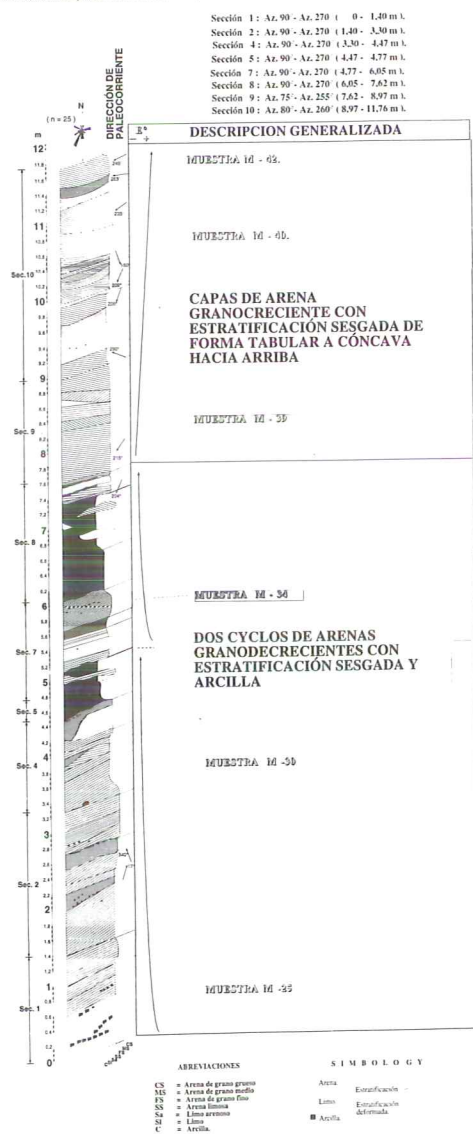
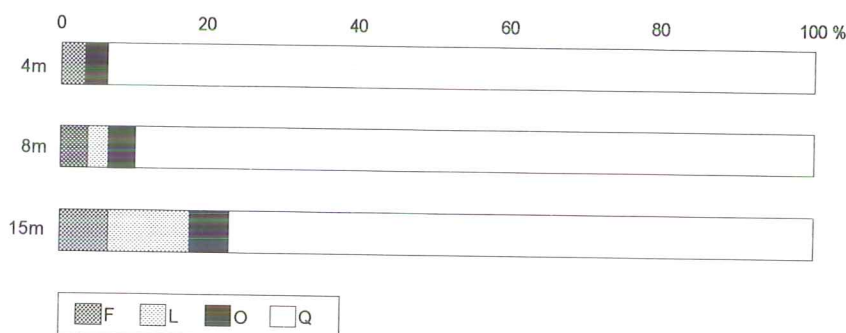


Figura 4.21. Afloramiento "Nauta 3". Descripción generalizada. Para una descripción detallada, ver el Apéndice 4.2.

Una litofacies de **estratos tabulares a cóncavos hacia arriba de arenita con estratificación sesgada** sobreyace erosionalmente a las lodolitas de la litofacies anterior. La base de esta litofacies contiene intraclastos de lodolita. Las capas tabulares con estratificación sesgada gradúan hacia capas con estratificación sesgada con forma cóncava hacia arriba. Este afloramiento está caracterizado por una gran variedad en las direcciones de paleocorriente, con un amplio rango entre el O y S. En los 5 m superiores de la sección, las arenitas presentan una composición mineralógica dominada por el cuarzo (90 %) junto con algunos feldespatos, goetita y lepidocrocita. Las lodolitas son caoliníficas con cierto contenido de clorita aluminica en el metro superior.

De la sección, tres muestras (0,2 m, 1,03 m y 8 m bajo el tope) fueron analizadas por DRX y FRX (Figura 4.17B). El cambio de illita a clorita aluminica entre los 4,5 y 1 m bajo el tope, está acompañado por un cambio decreciente en el cociente de Si/Al y en los contenidos de K, Na y Mg.



**Figura 4.22.** Porcentaje relativo del contenido de feldespatos (F), fracciones líticas (L), cuarzo (Q) y otros minerales (O) a diferentes profundidades bajo el tope de la sección en el afloramiento "Nauta 3".

### Interpretaciones del paleoambiente y la meteorización postdeposicional

La litofacies ligeramente inclinada de arenita masiva/estratificada e interestratificada con lodolita, y la litofacies ligeramente inclinada de arenita masiva de grano fino interestratificada con lodolita en el "afloramiento Nauta 2" son interpretadas como superficies de acreción lateral de canales de grandes dimensiones. En estos canales, se alternaron períodos de depositación de arenita y de lodolita. Los relleños de canal se caracterizan por EHI a lo largo de las márgenes de los canales en migración lateral. Los dos ciclos de la litofacies de arenitas granodecrecientes con estratificación sesgada y lodolita, y la litofacies de estratos tabulares a cóncavos hacia arriba de arenita con estratificación sesgada, representarían depósitos de canales más someros.

Los canales de la Unidad C contienen lodolitas fuertemente deformadas inmediatamente después de la depositación, resultando en una típica estratificación

transpuesta. Las arenitas en estos canales son típicamente de grano más grueso que las arenitas en la Unidad B y en los canales de la Formación Pebas; el contenido de cuarzo es mayor, y los feldespatos y las fracciones líticas son más escasos. La mineralogía de lodolitas en los canales de la Unidad C es predominantemente caolinítica, mientras que la Unidad B y las lodolitas de la Formación Pebas son predominantemente esmectíticas. En los depósitos de canal de la Unidad C predominó la depositación de dunas subacuáticas y de óndulas de arena: las rizaduras predominan en los depósitos de canal de la Formación Pebas y de la Unidad B. Todas estas características indican un carácter más fluvial para los canales más grandes de la Unidad C, con corrientes más rápidas que efectuaron una variación relativamente grande, tanto en fuerza como en dirección.

En algunos casos, las estructuras de paleocorriente indican migraciones de dunas en direcciones opuestas en estratos adyacentes, indicando que estos canales podrían haber sido influenciados por mareas durante la depositación. La abundancia de intraclastos de lodolitas y clastos brechados habría sido el resultado de cambios en la corriente producidos por las mareas; lo cual explicaría también, el alto grado de retrabajamiento en estos canales. Este tipo de condiciones es común en sistemas estuarinos con grandes cantidades de depositación (Horne & Ferm 1978). El retrabajamiento también podría ser explicado en el caso que los canales habrían estado ubicados en la zona de desembocadura de un sistema estuarino.

Con base en la mineralogía de arcillas, se concluye que en este sistema tipo estuarino, los sedimentos estuvieron originalmente poco meteorizados o alterados. La meteorización habría sucedido después de la depositación. Los feldespatos y otros minerales, excepto el cuarzo residual y algunos minerales pesados, sufrieron disolución al mismo tiempo que la caolinita era formada. En los niveles inferiores de las secciones a lo largo de la carretera Nauta - Iquitos, se encontró ilita. En el metro superior, la ilita se transforma a clorita aluminica, indicando la disponibilidad de aluminio y la exposición a una fuerte meteorización por un período largo.

Al igual que en la sección Allpahuayo (Figura 4.13), la meteorización intensa y de larga duración se puede apreciar a partir de la alta disminución del contenido de potasio y sodio y partir de la disminución del cociente de Si/Al desde los 5 m hasta 0,1 m de profundidad (Figura 4.20). Debido a la meteorización, se produjo un enriquecimiento en titanio. La distribución del fósforo es difícil de explicar.

El contenido inicial relativamente alto de ilita, junto con la geoquímica variada de la muestra inferior en la sección Nauta 2 (Figura 4.20) indican que la sección se habría originado a partir de una roca sedimentaria arcilícea muy fisible (una lutita).

La clorita aluminica, formada a partir de las composiciones de ilita y caolinita, indica que estos sedimentos atravesaron dos etapas de meteorización. Primero, las arenitas, originalmente inmaduras, fueron depositadas en canales influenciados por mareas. Luego, una meteorización postdeposicional alteró los feldespatos, los componentes volcánicos, las micas, etc., a caolinita e ilita. Los granos de cuarzo permanecieron sin alteración, excepto por una posible disolución superficial.

La meteorización habría ocurrido después de una regresión y retroceso general de una ensenada perimarina del área de estudio. Los afloramientos estudiados en la Unidad C alcanzan elevaciones absolutas de 130-140 m s.n.m., pero no alcanzan



los niveles más altos del paisaje, aproximadamente a 160-170 m s.n.m. en la región de Nauta. Por lo tanto, una parte de la historia depositacional subsecuente aún permanece sin investigar.

## LA UNIDAD DE LAS ARENITAS DE IQUITOS

### Los afloramientos por la carretera Iquitos-Nauta, km 0-33 (Figura 4.23)

Las arenitas cuarzosas blanquecinas se encuentran en toda el área de Iquitos, como la Unidad geológica situada en las mayores elevaciones en el área (alturas a 140 m s.n.m.). Estas arenitas están expuestas en varias localidades a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta. Una descripción generalizada de la Unidad las arenitas de Iquitos, en base a los estudios en varias localidades a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta (Tabla 4.1), se expone a continuación.

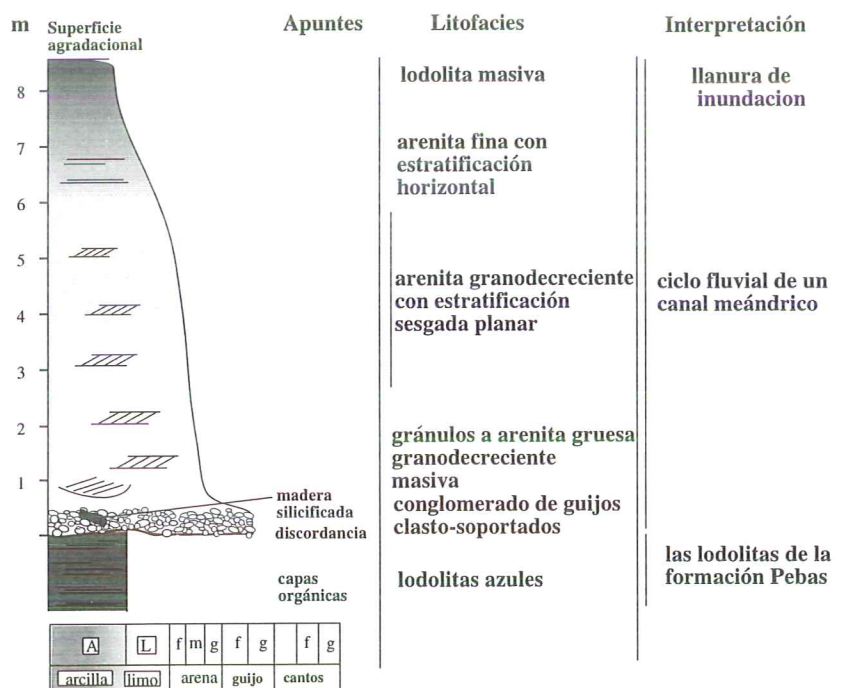


Figura 4.23. Perfil - sección estratigráfico generalizado de la Unidad las arenitas de Iquitos, con base en los afloramientos a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta, entre los km 0 - 33.

En el afloramiento cerca de "13 de Febrero", la Unidad las arenitas de Iquitos se inicia con una litofacies de **conglomerados de guijos finos a medios clasto-soportados**, que sobreyace discordantemente a un depósito de lodolitas azules interpretadas como pertenecientes a la Formación Pebas. Esta litofacies de **conglomerados de guijos finos a medios clasto-soportados**, tiene de 10 a 20 cm de grosor y contiene gravas de cuarzo bien redondeadas (1-3 cm de diámetro). También se pueden encontrar fracciones de madera petrificada de 10 a 20 cm de longitud.

Los conglomerados de guijos finos a medios clasto-soportados gradan a una litofacies **granodecreciente masiva de gránulos a arenita de grano grueso** que puede tener 1 a 2 m de grosor. En algunos casos, esta facies puede presentar estratificación sesgada planar o en artesa. La estratificación sesgada parece ser opacada por la naturaleza monomineral de las arenitas, consistiendo casi enteramente de granos de cuarzo blanquecino.

Hacia el tope, este depósito masivo pasa gradualmente a una litofacies de **arenita granodecreciente con estratificación sesgada de forma cóncava hacia arriba a planar** de 3 a 6 m de grosor. Generalmente, las direcciones de paleocorriente a partir de la estratificación sesgada o a partir de los surcos de corriente indican hacia el NE - E [n=20 a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta entre el km 1-24 (ver también Räsänen *et al.* 1992).

La litofacies de **arenita de grano fino horizontalmente estratificada**, de 0,5-1 m de grosor, sobreyace concordantemente a las arenitas con estratificación sesgada, y pasa gradualmente a una litofacies de **lodolita masiva** que conforma los 1-2 m superiores de las secciones estudiadas. En el afloramiento del km 24,02 a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta, están presentes la caolinita junto con la gibsita y anatasa ( $\text{TiO}_2$ ), en muestras a 1-1,5 m bajo el tope de la sección. La fracción de arcilla de la muestra superior (0,5 m bajo el tope) está conformada por sílice amorfa y algo de cuarzo. Los análisis de DRX Y FRX fueron llevados a cabo solamente (Figura 4.24) en la muestra inferior (1,5 m bajo el tope). Debido a los altos contenidos de gibsita y a la presencia de caolinita, el cociente de Si/Al (0,6) es muy bajo. Los contenidos de K, Mg y Ca están por debajo del límite de detección. El contenido de Ti es de 20,00  $\text{mg kg}^{-1}$  en la anatasa.

### El afloramiento Fundo Santa Cecilia

Se llevaron a cabo estudios mineralógicos y geoquímicos en una sección de 4 m en el km 29,5, a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta. La distribución fraccionométrica de las arenitas se muestra en la Tabla 4.4.

Esta sección contiene solamente minerales fuertemente alterados. Las fracciones de grano más grueso consisten completamente de cuarzo. En la fracción de arcilla predomina la caolinita. Sólo a las profundidades de 4,2 m y 2,4 m aparece la ilita, la cual desaparece cerca a la superficie. En los horizontes superiores, se forma gibsita y goetita (muestras 94-6B y C), así como rutilo.

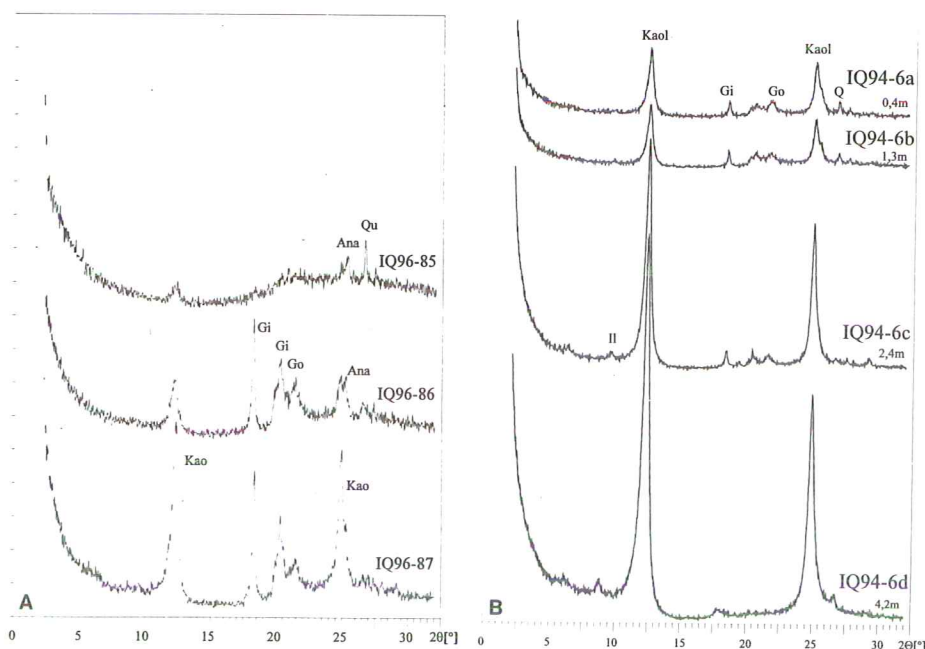


Figura 4.24. Resultados de DRX de fracción <2 µm de un afloramientos a lo largo de la carretera Iquitos – Nauta. A. km 24,02. B. km 29,5. Para obtener mayores detalles, ver la Figura 4.13.

Tabla 4.4. Distribución fraccionométrica en la sección del km 29,5 a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta, profundidades bajo el tope de la sección

MUESTRA	Profundidad (m)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)
94-6A	0,4	9,6	11,4	79,0
94-6B	1,4	14,4	9,8	75,8
94-6C	2,4	13,2	7,1	79,6
94-6D	4,2	2,4	2,4	95,2

La química de la fracción <2 µm está en concordancia con su mineralogía. El cociente de Si/Al en las tres muestras superiores es menor que la unidad, lo cual concuerda con la presencia de la caolinita y gibsita. Solamente en la muestra inferior, que carece de gibsita, se encontró ilita y el cociente de Si/Al es igual a 1,1. Los valores de Ti varían desde 17,00 a 20,00 mg kg<sup>-1</sup> en las tres muestras superiores, y están muy bien explicados por la aparición del rutilo, mientras que los contenidos de K, Ca y Mg son bajos. Los contenidos de K y Mg se incrementan fuertemente hacia la muestra inferior, por la presencia de la ilita.



Ocasionalmente, las secuencias granodecrecientes contienen una variedad de coloraciones y zonas de enriquecimiento con hidróxido de hierro relacionadas a la formación de suelos (Figura 4.25).



**Figura 4.25.** Las formaciones de suelos en la Unidad de las arenitas de Iquitos en Peñanegra. Las arenas blancas (1) representan zona eluvial, y la zona iluvial (2) está formada de material transportado, llegando a formar areniscas de color pardo rojizo debido a la presencia de óxidos de hierro.

En conjunto, la Unidad de las arenitas de Iquitos forma una secuencia granodecreciente con una base erosiva. La variada coloración de los afloramientos es característica a lo largo de los primeros 25 km de la carretera Iquitos - Nauta. Las arenitas que contienen arcillas (0-10 %) son de coloración rojiza, marrón, negruzca o amarillenta. Las arenitas libres de arcilla son usualmente blanquecinas. En los afloramientos, los niveles superiores usualmente se encuentran ausentes, debido a la erosión o excavación. Las arenitas se utilizan para la industria de la construcción (ver la Figura 2.1 en el Capítulo 2).

### **Interpretaciones del paleoambiente y la meteorización postdeposicional**

Se asume que las secuencias granodecrecientes de la Unidad de las arenitas de Iquitos son el resultado de la depositación en ríos meándricos con migración lateral. La litofacies de **conglomerados de guijos finos a medios clasto-soportados** representa la base de un canal, y la litofacies de **arenita granodecreciente con estratificación sesgada planar a en artesa** representa depósitos de barras meándricas. La litofacies de **arenita de grano fino horizontalmente estratificada** habría sido

depositada en aguas someras cerca de- o en las riberas de los ríos, y se encuentra cubierta por una litofacies de **lodolita masiva** representando ambientes de deposición inundables. Los sistemas meándricos formaron capas de arenita lateralmente muy extensas; indicando que la llanura de inundación tuvo un ancho considerable, lo cual es típico actualmente para los ríos de origen andino y en las zonas llanas del área de estudio (por ejemplo los ríos Nanay y Tigre).

El rasgo más característico para estos depósitos es su alto contenido de cuarzo. Las arenitas cuarzosas se habrían originado como tales, o podrían ser el resultado de una fuerte podsolización.

La química de la muestra sustraída a 4,2 m de profundidad presenta un grado elevado de alteración. El cociente Si/Al de 1,1 es bajo; pero, los contenidos de potasio y sodio son todavía moderados. Las tres muestras superiores están muy fuertemente alteradas. A partir de la mineralogía y de la geoquímica se puede concluir que la sección se formó bajo un drenaje relativamente elevado a partir de una roca o sedimento enriquecida(o) en feldespatos (u otros tectosilicatos).

Por otro lado, al mantenerse el elevado contenido de cuarzo en forma uniforme en todos los afloramientos, es muy probable que estas arenitas fueran depositadas como arenitas cuarzosas: la meteorización habría resultado en una variación más pronunciada de los contenidos de cuarzo en función a la profundidad. Asimismo, las lodolitas de la Formación Pebas que infrayacen a la discordancia basal en el afloramiento "Paujil", no muestran signos de meteorización. En la actualidad, el río Nanay y la parte superior del río Tigre muestran una depositación similar de capas granodecrecientes de arenitas enriquecidas con cuarzo. Los ríos Nanay y Tigre erosionan y transportan los depósitos meteorizados del Neógeno provenientes de las zonas llanas, y depositan su carga de arena cuarzosa de grano grueso como arenitas de ciclo secundario en la llanura de inundación de las barras meándricas. La fracción de arcilla caolinítica fue removida del sistema como carga en suspensión, y luego, sólo parcialmente depositada como sedimentos de la llanura de inundación.

Los varios horizontes podsólicos en la Unidad de las arenitas de Iquitos muestran procesos pedogénicos complejos. Estos horizontes han sido descritos como espódicos (ONERN 1976, Flores 1978).

## DEPÓSITOS DE TERRAZAS FLUVIALES

Las terrazas se encuentran en varias localidades en el área de estudio. Las terrazas más extensas afloran en la margen oriental del río Amazonas; por ejemplo, se tiene la descripción del afloramiento "Tamshiyacu". A lo largo de los ríos Nanay y Momón se encuentran unas terrazas más pequeñas, y se sospecha la existencia de restos de terrazas fuertemente disectadas a lo largo del río Itaya y de la Quebrada Tamshiyacu. La ciudad de Iquitos estaría ubicada en un complejo de terrazas que sobreyacen a los depósitos de la Formación Pebas. También se describe a continuación la mineralogía de los sedimentos de la terraza inferior en Mishana (a lo largo del río Nanay).

## El afloramiento "Tamshiyacu" (Figura 4.26)

Los sedimentos de terrazas, desde el puerto de Tamshiyacu, hasta aproximadamente 500 m al E, sobreyacen a los depósitos de la Formación Pebas descritos anteriormente. El límite entre estas unidades es erosivo. La base de la secuencia de terrazas está conformada por una litofacies de **arenitas gravosas con estratificación sesgada** (Figuras 4.3 y 4.26). El tope de la terraza, aproximadamente a 18 metros sobre el nivel del río (15 de setiembre de 1996; est. a 10 m sobre el nivel máximo de las aguas), es la superficie agradacional (terrazza del río Amazonas) sobre la cual está ubicada la localidad de Tamshiyacu.

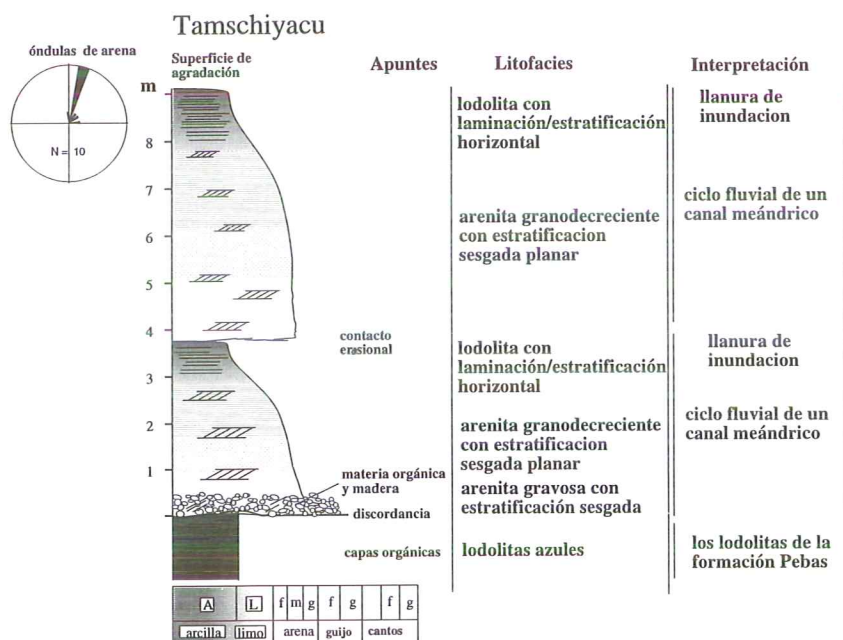


Figura 4.26. Estratigrafía del afloramiento de terrazas en Tamshiyacu.

Sobre la discordancia basal, la litofacies de **arenita gravosa con estratificación sesgada** (grosor: 0,5 m) contiene restos orgánicos alóctonos re TRABAJADOS y madera derivados de la Formación Pebas, la cual infrayace a la litofacies aquí descrita. Esta facies pasa gradualmente a una litofacies de 2,5 m de grosor con **grupos de estratos de arenita granodecreciente con estratificación sesgada planar** indicando direcciones de paleocorriente hacia el N. Esta litofacies está cubierta concordantemente por una litofacies de 0,7 m de grosor conformada por **lodolita horizontalmente laminada/estratificada**. Sobreyaciendo en discordancia sigue una litofacies conformada por **grupos de estratos de arenita granodecreciente con estratificación sesgada planar** (4,2 m de grosor), con capas planas que adelgazan hacia el tope. Las



mediciones de paleocorriente indican direcciones hacia el N - NE. Una litofacies de **lodolita horizontalmente estratificada**, de un metro de grosor, cubre el afloramiento. Por lo tanto, la sección de terrazas de 9 m de grosor comprende dos secuencias granodecrecientes.

La mineralogía fue estudiada a partir de las muestras tomadas en Maniti (Tabla 4.1 y Figura 4.2), en un nivel de terraza, que, de acuerdo a la información de las imágenes de satélite, representa al mismo nivel observado en el afloramiento "Tamshiyacu". Además del cuarzo, las fracciones líticas y los feldespatos conforman el 7 % de la fracción de arena en el metro superior de la superficie de la terraza. En el mismo transecto, se extrajo una muestra a una profundidad de 0,2 m. La mineralogía de arcilla contiene abundante caolinita, goetita, gibsita ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) y clorita aluminica (Figura 4.27A).

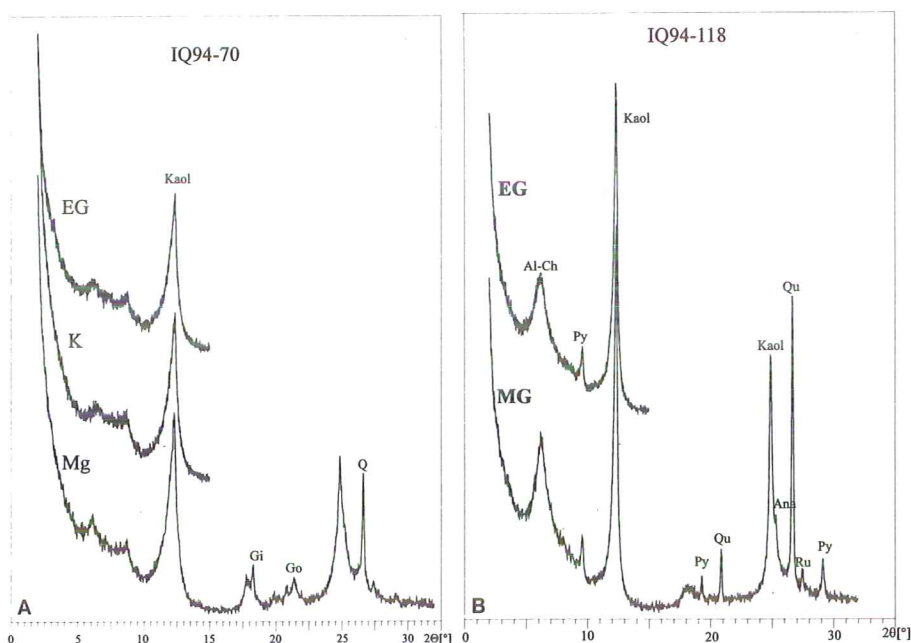


Figura 4.27. Resultados de DRX de fracción  $< 2 \mu\text{m}$ . A. Muestras de Maniti. B. El metro superior de la terraza "Mishana". Para obtener mayores detalles, ver la Figura 4.13.

### El afloramiento "Mishana"

El caserío de Mishana está ubicado en una terraza plana, elevada a aproximadamente 6 m sobre el nivel máximo de las aguas del río Nanay. A un nivel inferior que el de la villa afloran los depósitos de terrazas. Estos depósitos sobreyacen a sedimentos no meteorizados de la Formación Pebas. La estratigrafía de la terraza no fue estudiada en detalle, pero se efectuaron estudios mineralógicos y químicos. La

cantidad de fracciones líticas y de feldespatos disminuye de 5 % a 2 % en el metro más superior de la terraza (Figura 4.28). La fracción de arcilla cambia simultáneamente, de una composición predominantemente ilítica - esmectítica a una predominantemente caolínica (Figura 4.27B). Hacia el tope, se encuentra una clorita aluminica bien desarrollada. Esta no se moviliza cuando se la trata con etilenglicol (EG). En el tope se forma también la clorita aluminica, la pirofilita (Py), la anatasa (Ana) y el rutilo (Ru).



**Figura 4.28.** Porcentaje relativo del contenido de feldespatos (F), fracciones líticas (L), cuarzo (Q) y otros minerales (O) de las arenas en el metro superior en la terraza Mishana.

### Interpretaciones del paleoambiente y la meteorización postdeposicional

El afloramiento en la terraza Tamshiyacu contiene dos secuencias de canales granodecrecientes. Las profundidades de estos canales habrían sido sólo de unos 4 a 6 m, excluyendo su depositación por el canal principal del río Amazonas (con decenas de metros de profundidad). Los depósitos de la Formación Pebas deben haber sido erosionados; y por lo tanto, los depósitos de terraza habrían sido depositados en tributarios más pequeños o en canales ramificados del canal principal del río Amazonas. Se conoce que los canales más pequeños de la llanura de inundación retrabajan cantidades considerables de sedimentos depositados por el(los) canal(es) principal(es) de la llanura meándrica. Un afloramiento en la misma terraza alta del río Amazonas, aproximadamente a 4 km al E de la ribera sur de la Quebrada Tamshiyacu (villa Nuevo Tarapacá), contiene un conglomerado basal donde predominan las gravas de cuarzo, aunque también se pueden encontrar cantidades considerables (10-20 %) de chert (presumiblemente), gravas de rocas sedimentarias, y posiblemente, de rocas feldespáticas. Esta composición es típica para los depósitos recientes en el río Amazonas, y está ausente tanto en la parte basal de las zonas inundables de la Unidad las arenitas de Iquitos, como en las terrazas del río Nanay, las cuales consisten enteramente de gravas de cuarzo.

La muestra que se extrajo en la superficie de la terraza en Maniti (Figura 4.27A) está altamente alterada. Además de la caolinita, también se observan clorita aluminica, gibsita y goetita formadas durante la meteorización.

En Mishana (Figura 4.27B), se encuentra una clorita aluminica bien desarrollada. Ésta no se moviliza cuando se la trata con etilenglicol (EG). Debido a las extremas condiciones de meteorización no sólo se formó la clorita aluminica, sino también la pirofilita (Py), la anatasa (Ana) y el rutilo (Ru). Debido a la alta cantidad de clorita aluminica en Mishana, se puede suponer, según la mineralogía, que el suelo se forma a partir de un depósito sedimentario o sedimento arcilloso (o) muy fisible (una lutita).

## EXTENSIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS Y SU EXPRESIÓN GEOMORFOLÓGICA

### GENERALIDADES

En el área de estudio se encontraron cinco unidades geológicas; (1) la Formación Pebas (Unidad A), (2) la Unidad canalizada de Porvenir (Unidad B), (3) la Unidad canalizada de Nauta (Unidad C), (4) la Unidad de las arenitas de Iquitos y (5) los depósitos de terrazas fluviales. Los depósitos de la llanura aluvial de los ríos actuales (6) conforman la sexta unidad, que principalmente se identifica en base a su geomorfología actual. Las primeras cinco unidades conforman la tierra firme no inundable, mientras que la llanura aluvial es una zona inundada con frecuencia. En este capítulo: (a) se investiga la diferenciación cronológica de los sedimentos dentro de la Formación Pebas, en base a la bioestratigrafía de moluscos y gasterópodos, (b) se ilustra y discute la extensión de las unidades geológicas en el área de estudio y (c) se caracteriza y discute la geomorfología.

En el siguiente recuadro se resumen las características de las unidades geológicas descritas. Es muy problemática la correlación de las unidades geológicas descritas en el área de estudio con formaciones previamente reconocidas en áreas adyacentes debido a que la información ya existente se encuentra incompleta. En trabajos futuros, se discutirá acerca de las correlaciones regionales. Las correlaciones propuestas en el recuadro son solamente tentativas.

#### CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

##### La Formación Pebas

**Autor:** Hartt, 1872 (como las capas Pebas), reportada por Costa (1980), Hoorn (1993 y 1994, Hoorn *et al.* 1995).

**Localidad tipo:** Cerca al poblado Pebas, en la ribera izquierda de Ampiyacu o del río Amazonas, Loreto, Perú (posiblemente un afloramiento infrayaciendo a la base militar de Pijual, asignado como neoestratotipo por Hoorn 1995).

**Litología:** lodolitas esmectíticas fosilíferas, arenitas inmaduras y lignitos. Las arenitas y lodolitas presentan coloraciones mayormente azules o grises. Se encontraron tres tipos principales de asociaciones de litofacies. Los ciclos (parasecuencias) granodecrecientes a granocre-



cientes son los más abundantes y han sido interpretados como períodos de sumersión y disminución en el nivel local de las aguas. Estos ciclos son descritos en detalle en la sección de Tamshiyacu, expuesta anteriormente. Las arenitas y lignitos, que sobreyacen, gradan a lodolitas lacustrinas con abundantes restos de moluscos, y pasando por lodolitas bandeadas y alternancias de arenita - lodolita, cambian a arenitas que están frecuentemente cubiertas por lignitos. Algunas veces, una secuencia granodecreciente secundaria repetida se presenta bajo la cobertura superior de lignito. Una segunda asociación de facies está conformada por canales pequeños (1 - 6 m de profundidad) con depósitos de relleno con EHI. Frecuentemente, estos canales contienen concreciones grandes a muy grandes (diámetro mayor de 2 metros).

**Fósiles:** Abundantes moluscos y ostrácodos, madera común, carofita oogenia, restos de peces, reptiles, y tortugas, ocasionalmente restos de hojas, mamíferos y serpientes, raramente foraminíferos y almejas de río.

**Edad:** Mioceno Temprano tardío al Mioceno Tardío temprano (aproximadamente 17-11 Ma) (Hoorn 1995).

**Ambiente depositacional:** Ambiente lacustrino de aguas someras de larga duración con influencia fluvial, proveniente de los Andes (facies de agua somera litoral y prodelta mayormente con canales tributarios sumergidos), e incursiones marinas ocasionales (con facies de llanuras y canales de marea), provenientes del Caribe.

**Origen de los sedimentos:** Origen Andino: lodolita derivada de sistemas fluviales en zonas llanas y bajo una fuerte meteorización: la esmectita no podría haberse originado a partir de la meteorización *in situ*.

**Extensión en el área de estudio:** En los afloramientos a lo largo del río Amazonas, en Porvenir y aguas abajo; a lo largo del río Itaya, al norte de San Joaquín y aguas abajo; a lo largo de los ríos Nanay, Tamshiyacu y Momón, y en cortes de caminos entre Iquitos y Nuevo Horizonte (km 47 de la carretera Iquitos - Nauta). Esta unidad está presente en las 3/4 partes (hacia el NE) del área de estudio.

### La Unidad canalizada de Porvenir (Unidad B)

**Secciones de referencia:** Buena Unión, Porvenir y Allpahuayo (descritas anteriormente).

**Litología:** arenitas maduras de grano medio y lodolitas esmectíticas. Los sedimentos presentan coloraciones grisáceas, beige-amarillentas y rojizas. Mayormente, esta unidad está conformada por canales grandes (10 - 15 m en profundidad), rellenos con EHI (grupos pares de arenita con lodolita), que gradan a lodolitas masivas y láminas de lodolita-arenita. El contenido orgánico es menor que en la Formación Pebas. Las concreciones carbonatadas del suelo pueden ser abundantes; las trazas de Thallasoides son comunes.

**Límite inferior:** Presumiblemente gradacional (Porvenir).

**Fósiles:** restos orgánicos re TRABAJADOS, ocasionalmente restos de hojas, muy raramente restos de reptiles y tortugas.

**Edad:** Basada en la correlación con las incursiones marinas de la Formación Pebas: Mioceno Tardío temprano (12-10 Ma).

**Ambiente depositacional:** Canales subacuáticos con influencia de mareas en una zona "costera" salobre en una cuenca lacustre semi-cerrada (salobre).

**Origen de los sedimentos:** sedimentos de origen andino y de las zonas llanas. La meteorización actuó después de la depositación.

**Extensión:** aflora al S de la Formación Pebas, en una zona entre el río Nanay y las localidades de Porvenir y Buena Unión; a lo largo del río Amazonas, y se encuentra en los niveles inferiores de los afloramientos en las riberas de los ríos en los alrededores de Nauta, y entre Nauta y San Regis (ribera derecha del río Marañón).

Correlaciones: Nivel inferior de la Formación Marañón.

### **La Unidad canalizada de Nauta (Unidad C)**

Secciones de referencia: "Nauta 2", "Nauta 3" (descritas más arriba).

Litología: Capas de arenita y lodolita en alternancia, usualmente de coloración amarillo-rojiza, raramente grisácea. Los sedimentos son parte de grandes complejos de canales rellenos con EHI, y que están caracterizados por la incidencia del retrabajamiento (presencia de intraclastos de lodolitas); frecuentemente forman estratificación en transposición (capas muy deformadas).

Límite inferior: El límite con la Unidad B posiblemente está expuesto en el afloramiento "Nauta 1", donde parece ser gradual.

Fósiles: ninguno.

Edad: Solamente puede ser supuesta. El establecimiento del sistema fluvial moderno del río Amazonas hace 8 Ma marca un límite superior para las muy difundidas condiciones lacustrinas con influencia marina en la Amazonía occidental. Por lo tanto, la edad debe ser Mioceno Tardío temprano (entre 11 y 8 Ma).

Ambiente depositacional: Sistema fluvio-estuarino con sobresaturación de sedimentos e influencia de mareas y olas en una cuenca semi-cerrada.

Origen de los sedimentos: Los sedimentos ingresaron a este sistema fluvio-estuarino provenientes de los Andes, en estado inmaduro. La meteorización tuvo lugar después de la deposición.

Extensión: Esta unidad se encontró solamente en los afloramientos en la vecindad inmediata de Nauta. Sus niveles superiores, que no se describen en esta investigación, probablemente forman el terreno colinoso más elevado en la parte sudoccidental del área de estudio.

Correlaciones: La Formación Marañón (en forma parcial).

### **La Unidad de las arenitas de Iquitos**

Secciones de referencia: El Paujil, Quistococha, km 25 (descritas más arriba).

Litología: Arenitas cuarzosas blanquecinas. Esta unidad está conformada por uno o más ciclos granodecrecientes, empezando con un canal basal con gravas de cuarzo, graduando a arenitas blanquecinas, y ocasionalmente cubiertas por lodolita.

Límite inferior: Sobreyaciendo a la Formación Pebas en forma erosional.

Fósiles: Madera silicificada.

Edad: Entre el Mioceno Tardío y el Cuaternario medio (8 - 1 Ma).

Ambiente depositacional: La llanura meándrica de los ríos de las zonas llanas; tal como en el río Nanay de nuestros días.

Origen de los sedimentos y el contexto para la meteorización: Las arenitas cuarzosas, que fueron erosionadas a partir de los depósitos de la zona llana, donde estos sedimentos habrían madurado después de la deposición. Gracias a la clasificación durante una erosión típica en una zona llana con clima tropical y lluvioso, y al subsecuente transporte fluvial, estas arenitas fueron depositadas como arenas fluviales de origen secundario. Después de la deposición, estas arenas fueron afectadas por la podsolización.

Extensión: Esta unidad aflora al S del río Nanay, al O del río Itaya y al SO de Iquitos.

Correlaciones: Inciertas.

### Depósitos de terrazas fluviales

Sección de referencia: Tamshiyacu (descrita anteriormente).

Litología: mayormente arenitas cuarzosas, con cantidades menores de gravas y lodolitas. Las gravas pueden ser de materiales diferentes al cuarzo. La sección de Tamshiyacu muestra una secuencia granodecreciente que parte de gravas básicas y grada a arenitas.

Límite inferior: Erosivo y cortando a las unidades infrayacentes.

Fósiles: madera silicificada re trabajada de la Formación Pebas.

Edad: Se considera que estas terrazas tienen una edad entre el Cuaternario Medio a Tardío. No se encuentra disponible una información cronológica confiable.

Ambiente depositacional: llanura meándrica: canales pequeños en la llanura de inundación amazónica; ríos principales en otras llanuras de inundación.

Origen de los sedimentos y el contexto para la meteorización: Las terrazas del río Amazonas contienen material de origen andino, las otras terrazas contienen depósitos fluviales antiguos, altamente maduros y re trabajados desde su zona de captación. Se necesita investigar la supuesta relación entre el grado de la meteorización en las terrazas y el incremento en las edades de las mismas.

Extensión: Al menos dos terrazas bien desarrolladas, aunque posiblemente más, están presentes en la ribera oriental de la llanura de inundación del río Amazonas. También se han encontrado terrazas a lo largo de los ríos Nanay y Momón, y se sospecha la existencia de restos de terrazas fuertemente disectadas al O del río Itaya y al S de la Quebrada Tamshiyacu (ver bajo el acápite "geomorfología", más abajo).

Correlaciones: Las terrazas del río Amazonas pueden ser correlacionadas con las terrazas descritas por Dumont *et al.* (1988) en Jenaro Herrera y más hacia el S.

### Llanura aluvial

Áreas inundables por los ríos Amazonas, Nanay, Itaya y otros, formados por sedimentos recientes (ver el Capítulo 6).

## DISTINCIÓN CRONOLÓGICA DENTRO DE LA FORMACIÓN PEBAS

La tierra firme en la parte central y norte del área de estudio contiene mayormente depósitos de la Formación Pebas. Pero, esta formación no es una unidad uniforme, ya que se la puede subdividir. Hoorn (1995) estableció varias zonas palinológicas dentro de la Formación Pebas. En este estudio, se subdivide la Formación Pebas utilizando su fauna de moluscos.

En la Figura 4.29 se ilustra y clasifica la presencia de cerítidos dentro de la estructura palinoestratigráfica proporcionada por Hoorn (1995), para la Formación Pebas. A partir de los patrones de distribución de estos moluscos, se definen seis zonas estratigráficas. Los restos de cerítidos usualmente se encuentran en los depósitos en las orillas de las playas y en los niveles superiores de las litofacies grano-crecientes, indicando que los cerítidos no viven en el lago propiamente dicho sino más bien en las márgenes. Hoy en día, estos moluscos están ampliamente difundidos en el trópico, viviendo en las corrientes de agua, ríos y lagos. Estos cerítidos son habitantes de agua dulce, con la posible excepción del *Hemisinus*.



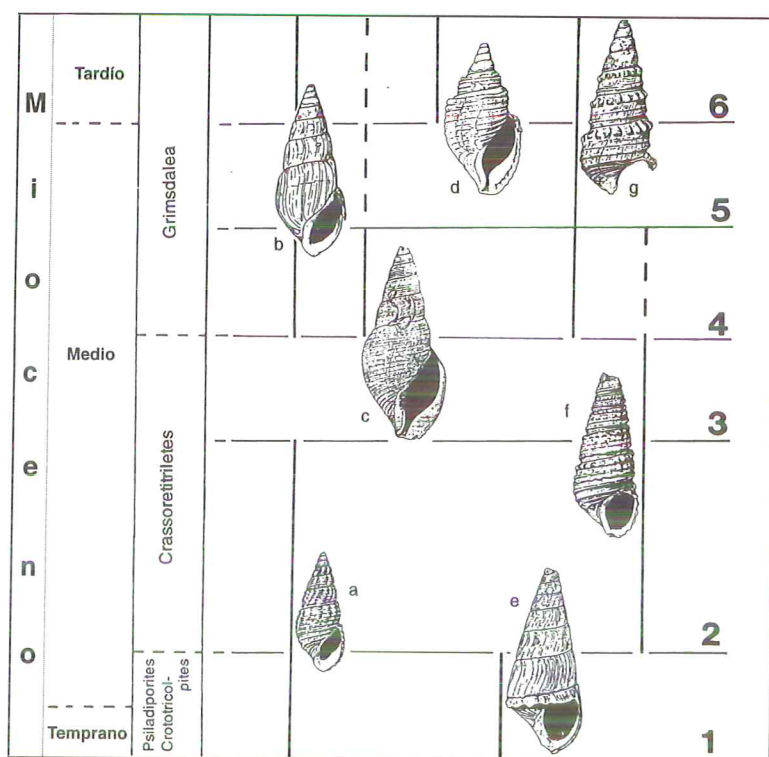


Figura 4.29. Distribución estratigráfica de las conchas de cerítidos en la Formación Pebas, y su correlación con la zonificación palinoestratigráfica. A. *Charadreon eucosmius* (Pilsbry & Olsson), B. *Charadreon* sp.1, C. *Hemisinus kochi* (Bernardi), D. *Aylacostoma browni* (Etheridge), E. *Doryssa* sp.1, F. *Sheppardiconcha tubercultfera* (Conrad) y G. *Sheppardiconcha coronatum* (Etheridge). Los afloramientos de Iquitos y Momón están ubicados en la zona estratigráfica 2, Tamshiyacu en la 3, Mishana en la 4, y Porvenir en la 6. Las incursiones marinas son conocidas solamente en la zona 6.

Las zonas estratigráficas son enumeradas del 1 al 6, y los afloramientos de la Formación Pebas están ilustrados en la Figura 4.29 de acuerdo a su posición estratigráfica. Las tendencias más obvias son:

- (1) Una disminución en la edad de la Formación Pebas desde el NE al SO.
- (2) Las zonas estratigráficas están orientadas hacia el NO-SE.

La mayor parte de la Formación Pebas posee una facies sedimentaria con los de ciclos granodecrecencia a granocrecencia (parasecuencias) en un ambiente lacustri-no con una influencia fluvial marginal; pero, en la zona estratigráfica número 6, se han encontrado evidencias de incursiones marinas en la forma de depósitos de ma-reas (ver la sección Porvenir descrita anteriormente), moluscos relacionados con ambientes marinos tales como *Thais woodwardi* y *Phos* sp., así como índices isotópi-

cos de estroncio indicativos de sistemas salobres (salinidad hasta 6 por mil) (Vonhof 1998). También en esta zona, se encuentran presentes unas taxa representativas de las condiciones fluviales (de origen andino).

## DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS

El mapa geológico en la Figura 4.30 es tentativo. Este mapa está basado en la combinación de la información de las localidades estudiadas en el campo y en los correspondientes alineamientos geomorfológicos identificados en las imágenes de satélite. Puesto que los afloramientos estudiados solamente cubren el área de estudio en forma parcial, y la expresión geomorfológica de las diferentes unidades no es siempre uniforme, el mapa debe ser tomado solamente como una indicación generalizada de la distribución de las unidades geológicas.

El límite entre la Formación Pebas y la Unidad B es difícil de dibujar de otro modo que no sea a partir de la información de campo. Los rasgos geomorfológicos correspondientes son ambiguos. En algunas áreas a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta, más al N del supuesto límite entre la Formación Pebas y la Unidad B, se encontró que los afloramientos en las áreas relativamente altas contienen varios metros de la Unidad B sobreyaciendo a los depósitos de la Formación Pebas. La extensión de la Unidad B y la de otras unidades requiere un cartografiado más detallado.

La Unidad C parece estar presente solamente en la esquina sudoccidental del área de estudio, formando colinas altas que están bastante disectadas en forma diferente a las áreas donde se observa a la Formación Pebas y a la Unidad B (ver "Geomorfología"). Lamentablemente, los afloramientos en áreas cercanas a Nauta no alcanzan las superficies agradacionales más altas, y la presencia de los depósitos sobreyacentes no puede ser ignorada.

Especialmente en la ribera sur del valle del río Nanay son comunes algunos sectores aislados producidos por la Unidad de las arenitas de Iquitos. Estos sectores se aprecian claramente en las imágenes de satélite como "manchas" de un color verde bien oscuro (de acuerdo a la presentación de falso color empleada). La extensión de esta unidad ha sido estudiada a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta y durante el trabajo de campo llevado a cabo por los investigadores botánicos en la región de Mishana (ver el Capítulo 7).

Por lo menos dos terrazas están presentes en la margen oriental del río Amazonas. Estas terrazas se detallan en forma separada más adelante, bajo el acápite "Geomorfología", pero a continuación se toman como una sola unidad geológica. Las terrazas del río Amazonas se pueden cartografiar, pero las terrazas a lo largo de los ríos tributarios, tales como los ríos Nanay y Momón, no se pueden cartografiar debido a su pequeña extensión. Se sospecha la existencia de terrazas en la ribera occidental del río Itaya y en la ribera sur de la Quebrada Tamshiyacu.

La llanura aluvial moderna contiene depósitos de edad Holocénica, y en el mapa geológico está considerada como una sola unidad. Más adelante y bajo el acápite "Geomorfología" se describen diferentes unidades geomorfológicas en la llanura de inundación.



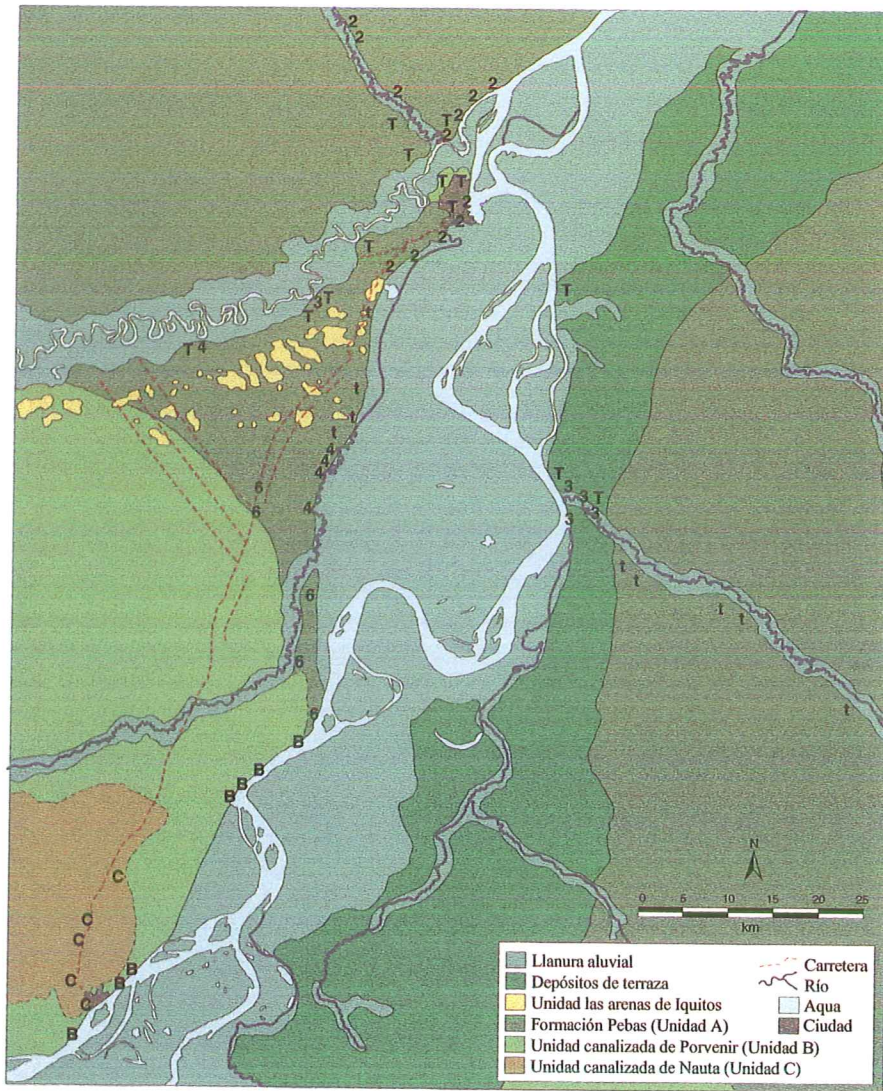


Figura 4.30. Mapa geológico tentativo. Los números indican la ubicación de los afloramientos en la Formación Pebas; el número en sí indica la zonificación estratigráfica de la Figura 4.29. B=los afloramientos en la Unidad B; C=los afloramientos en la Unidad C; T=las terrazas observadas con una extensión desconocida (letra t indica posibles restos de terrazas fuertemente disectadas).



## GEOMORFOLOGÍA

El mapa geomorfológico en la Figura 4.31 está basado en estudios sobre imágenes de satélite y estudios de campo. Las unidades discriminadas se enumeran en la Tabla 4.5. El término "terrazza" debe recibir una especial atención. Se concluyó que todos los depósitos observados en los afloramientos cortando las superficies aluviales (Nuevo Tarapoto, Tamshiyacu, Aucayo en la ribera oriental del río Amazonas, Iquitos en la ribera occidental del río Amazonas y Mishana, Pto. Almendras, Sta. Clara y Sto. Tomas en el Nanay) fueron formados por agradación fluvial. Estas superficies planas están ubicadas a lo largo de los cursos fluviales modernos, y por lo tanto, han sido interpretadas como "terrazas" fluviales agradacionales.

Tabla 4.5. Unidades geomorfológicas en la zona de Iquitos.

AMBIENTE	Unidad
<b>Tierra firme</b>	(1) Colinas bajas fuertemente disectadas (Tf1). (2) Colinas fuertemente disectadas (Tf2). (3) Colinas altas, planas y truncadas (Tf3).
<b>Terrazas fluviales</b>	(4) Terraza alta del río Amazonas (Ta) (5) Terraza baja del río Amazonas; áreas saturadas (Tb1) (6) Terraza baja del río Amazonas; áreas drenadas (Tb2) (7) Complejo de terrazas de Iquitos (Tiq) (8) Terrazas a lo largo de los tributarios (Tp)
<b>Unidades de la llanura de inundación</b>	(9) Barras de arena, barras meándricas y playas (A1) (10) Complejo de orillares (A2) (11) Ambientes pantanosos inundables, aguajales (A3) (12) Planos aluviales pequeños (A4)

### *Tierra firme*

#### (1) Colinas bajas fuertemente disectadas (Tf1)

Colinas comparativamente bajas y redondeadas (máxima elevación cerca a la llanura de inundación aproximadamente 30 m, usualmente menos, Figura 4.31). Se ha desarrollado un drenaje muy denso, con incisiones superficiales, pequeñas y cortas. Al sudoeste de Iquitos (el área entre los ríos Itaya y Nanay), esta unidad presenta una variedad de topografías y patrones de drenaje que son de muy pequeña escala para ser cartografiados sobre las imágenes disponibles. Otras regiones muy problemáticas para clasificar son: un área comparativamente alta ubicada entre los ríos Amazonas e Itaya, en los alrededores de Buena Unión y San Joaquín, y los niveles de tierra firme en el borde occidental del área de estudio. Estas áreas muestran to-

pografías ligeramente más accidentadas que en el resto de la unidad Tf1, y por lo tanto, su interpretación es tentativa como parte de esta unidad.

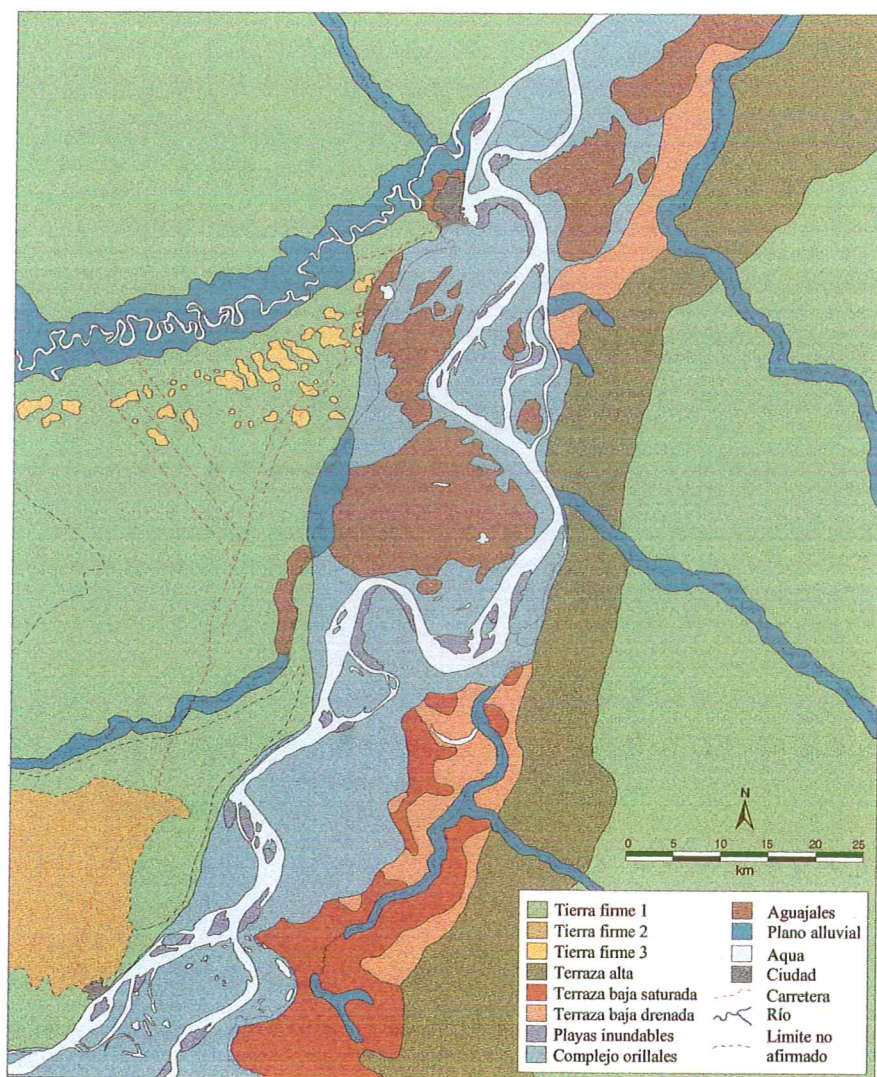
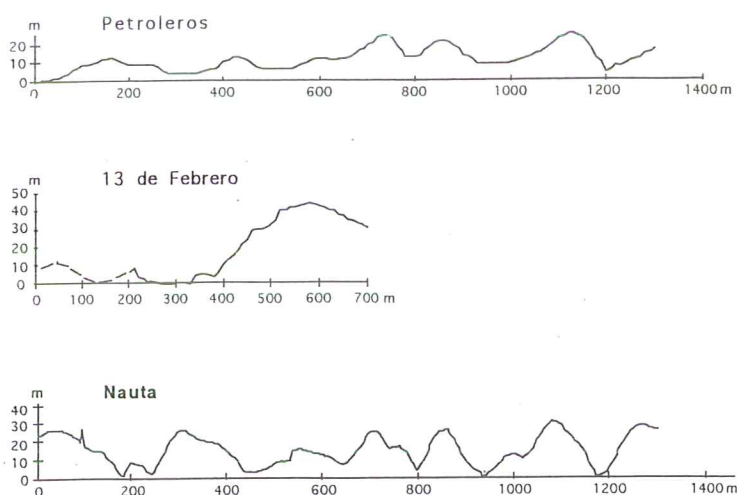


Figura 4.31. Mapa geomorfológico de la zona de Iquitos. La unidad Tp no es visible a esta escala (ver la Tabla 4.5).

En general, la unidad Tf1 corresponde a la presencia de los depósitos de la Formación Pebas o de la Unidad B. Los ríos y arroyos que drenan exclusivamente este tipo de paisaje contienen carga en suspensión que limita la transparencia de las aguas, y que les dan una coloración ligeramente anaranjado-lechosa. En las áreas donde se observa en superficie el sector arcilloso de la Formación Pebas, los caminos pueden quedar intransitables después de fuertes lluvias. Frecuentemente, antes de la puesta en marcha de los trabajos en la carretera, el transecto al S de El Paujil quedaba intransitable después de las lluvias.

## (2) Colinas fuertemente disectadas (Tf2)

Al N de Nauta existen valles fuertemente accidentados, y muy bien desarrollados, que son mucho más largos (kilómetros) en comparación con las cárcavas cortas que existen en el área de la unidad Tf1 (Figura 4.32). Las laderas de los valles son empinadas y, ocasionalmente, el fondo es plano (por la depositación del material erosionado proveniente de los alrededores). Los depósitos de la Unidad C conforman el basamento en esta área. Las corrientes de agua que drenan esta área son típicamente del tipo de aguas negras: de alguna forma transparentes, y de coloración fuertemente marrón debido al contenido de ácidos húmicos. Las capas que drenan las corrientes contienen arenitas cuarzosas blanquecinas de origen secundario.



**Figura 4.32.** Topografía de la unidad Tf1 en Ex Petroleros: una colina evolucionada en los depósitos de la Unidad las arenitas de Iquitos, y en 13 de Febrero. Topografía de la unidad Tf2 en el área de Nauta. Elevaciones según estudios de Ruokolainen & Tuomisto (Capítulo 7).



### (3) Colinas altas, planas y truncadas (Tf3)

Al sudoeste de Iquitos y al sur de Nanay se encuentran colinas altas (elevadas a aproximadamente 30-60 m sobre el nivel de la llanura de inundación del río Amazonas), cuyos niveles superiores sugieren que son antiguos planos agradacionales mucho menos resistentes. Estas colinas son fácilmente reconocibles en las imágenes de satélite dada su vegetación densa y uniforme (ver el Capítulo 11). Las colinas están conformadas por depósitos extremadamente pobres en nutrientes, correspondientes a la Unidad las arenitas de Iquitos. Sin embargo, en una de estas colinas al S de Mishana, se ha reportado la mayor diversidad arbórea en la región amazónica (Peters *et al.* 1989). Cerca a los depósitos de arenitas a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta, han sido excavados y puestos al descubierto depósitos que indican una interrupción en la secuencia depositacional del paisaje en el área (canteras abandonadas). Las colinas de la unidad Tf3 podrían ser consideradas como restos fuertemente disectados de la terraza fluvial o del plano agradacional más alto en el área de Iquitos.

### *Terrazas fluviales*

### (4) Terraza alta del río Amazonas (Ta)

En el área de estudio, la terraza Ta está presente a lo largo de la ribera oriental del valle del río Amazonas. La topografía del área consiste en una zona aproximadamente llana, aunque muy disectada. El plano de la terraza está elevado a aproximadamente 10 metros sobre el nivel máximo del río. El poblado de Tamshiyacu está ubicado en este mismo nivel, al igual que el afloramiento de los depósitos de la terraza Tamshiyacu, descritos más arriba. A excepción de los pocos afloramientos estudiados, la terraza no es muy conocida. Por esta razón, es imposible determinar las variaciones altitudinales, o si esta terraza alta está conformada por una o un conjunto de terrazas.

Regionalmente, la ubicación de la terraza Ta en la ribera sudoriental del cauce del río Amazonas es muy resaltante dada la ausencia de una contraparte aproximadamente de la misma elevación (edad), y por una extensión similar, al NO del cauce del río Amazonas. Esta peculiaridad, junto con la presencia documentada de la Formación Sapuenilla, interpretada como de origen fluvial, y ubicada también en la ribera sudoriental del río Amazonas en Jenaro Herrera, indica que la tierra firme en esta margen del río está cubierta más extensamente por depósitos fluviales, que en la ribera noroccidental del mismo río, donde afloran principalmente la Formación Pebas y las unidades B y C. Esto indica que la llanura de inundación del río Amazonas, u otros sistemas fluviales conectados con ésta, habrían migrado principalmente hacia el NO y al N, en el área de estudio, durante su última evolución cuaternaria. Esto podría ser debido a una inclinación tectónica generalizada hacia el NO, dada la presencia de fallas normales en las márgenes de la llanura de inundación actual del río Amazonas, tal como ha sido propuesto por Dumont *et al.* (1988, 1996).

(5) Terraza baja del río Amazonas; áreas saturadas (Tb1)

Esta terraza está conformada por llanos altamente saturados, ubicados sobre el nivel actual de máxima inundación del río Amazonas. Las áreas Tb1 se asemejan bastante a las zonas de aguajales (A3) observadas sobre las imágenes de satélite, pero se pueden diferenciar en base a la ausencia de una topografía de restingas y bajiales (A2), o por la presencia de canales de drenaje; especialmente en áreas que bordean las terrazas más altas. La unidad Tb1 se observa en la ribera oriental del valle del río Amazonas, al S de la Quebrada Tamshiyacu.

(6) Terraza baja del río Amazonas; áreas drenadas (Tb2)

Al N de Tamshiyacu, en la ribera oriental del río Amazonas, esta unidad abarca un plano cubierto por vegetación, que ha relacionado estructuras bien preservadas de la llanura de inundación, y está elevado solamente unos pocos metros sobre el nivel máximo de las aguas del río. Los afloramientos en esta unidad, ubicados en la localidad de Paucaya, muestran formas de acreción lateral, indicando una deposición en barras meándricas. Al S de Tamshiyacu, en el área de Tahuayo, esta unidad es muy uniforme, carece de las estructuras típicas de un plano aluvial como las observadas hacia el N en la unidad Tb2, y aparentemente con una vegetación diferente (a juzgar por las diferentes coloraciones observadas sobre las imágenes de satélite).

(7) Complejo de terrazas de Iquitos (TIq)

El poblado de Iquitos está ubicado sobre un conjunto de superficies planas horizontales que sólo están moderadamente disectadas, y separadas por pequeñas elevaciones muy bien definidas, y con pendiente suave. Una terraza más baja, elevada solamente 1 - 2 m sobre el nivel máximo de las aguas, se puede observar en Moronacocha en la ribera occidental de la ciudad, y puede ser considerada como una terraza baja del río Nanay. Al N y al O de la Plaza de Armas de Iquitos, se ubica una terraza elevada a aproximadamente 5 m sobre el nivel máximo del nivel de las aguas del río Amazonas. En los grifos del Puerto Ganso Azul fueron observados a lo lejos (depósitos inalcanzables en esas circunstancias), afloramientos en esta terraza, que consisten de arenitas enriquecidas en cuarzo de coloración blanquecina a rojiza. El centro del poblado, incluyendo la Plaza de Armas y la Av. Próspero, ocupan un tercer plano. Así, al menos tres niveles distintos de terrazas están presentes en el mismo lugar, aunque esto no sea distinguible a partir de las imágenes disponibles debido a que están cubiertos por los rasgos urbanos, propios de las zonas pobladas.

(8) Terrazas a lo largo de los tributarios (Tp)

En varias localidades a lo largo del río Nanay (Sto. Tomás, Moronacocha, Sta. Clara, Pto. Almendra, Mishana) se pueden observar depósitos de terrazas. La extensión de estas terrazas es pequeña, y dado que no son bien discernibles en las imágenes de satélite (ver el Capítulo 11 y el Mapa geoecológico, Anexo de este libro), su presencia (junto con la presencia de una terraza a lo largo del río Momón) se ha

indicado sólo con una "T" en la Figura 4.35. Tres transectos siguiendo la pendiente de la ribera occidental (izquierda) del río Itaya, cerca a la localidad de Soledad, indican la existencia de varias superficies planas fuertemente disectadas, que podrían representar remanentes de terrazas (S. Mäki, información no publicada). Al S de la Quebrada Tamshiyacu, se encontró inesperadamente una zona cubierta por vegetación (en una zona colonizada por excelencia); esto sugiere también, la presencia de una terraza. Las áreas que se cree sean restos de terrazas a lo largo de los ríos Itaya y Tamshiyacu están marcadas con una "t" en la Figura 4.30.

#### *Unidades de la llanura de inundación*

##### (9) Barras de arena, barras meándricas y playas (A1) (playas inundables)

Las barras de arena longitudinales, diagonales y laterales, junto con las barras meándricas, son unidades temporales que serán parte de una secuencia de eventos que resulta en un canal de la llanura de inundación y en la formación de un costón. Sobre las imágenes de satélite, estas barras son reconocidas como unidades claramente definidas en y a lo largo de los cauces de los ríos, y que carecen de estructuras internas diagnósticas. Las barras de arenas de los ríos y las playas solamente afloran durante las épocas de estiaje. Los depósitos consisten de arenitas de grano fino a medio y carecen de vegetación, a excepción de cultivos de una sola estación, tales como el arroz.

##### (10) Complejo de orillares (A2)

La unidad A2 se reconoce sobre la imagen de satélite debido a la alternancia de restingas, de baja elevación y elongadas, y de bajiales (llanura de desborde, ver el Capítulo 6). La curvatura de estas alternancias es similar a aquella de los cauces de los ríos actuales. Estas estructuras forman parte del nivel superior de las barras meándricas. La unidad A2 mayormente contiene arenitas de grano fino, pero los bajiales, que siempre yacen a niveles más bajos (algunas veces permanentemente inundados), contienen lodolita y materia orgánica (turba) en estado de descomposición. El complejo, en su totalidad, está sumergido durante la época de máxima inundación.

##### (11) Ambientes pantanosos inundables (A3) (aguajales)

Los ambientes pantanosos inundables se reconocen sobre las imágenes de satélite como depresiones muy amplias que se encuentran completamente saturadas de agua (de coloraciones rojizas en la composición en falso color elegida para este proyecto). Los depósitos de la unidad A2 (el complejo de orillares) están interdigitados con los depósitos pantanosos inundables, y los límites entre ellos frecuentemente no pueden ser definidos con exactitud. Los depósitos pantanosos inundables ocupan mayormente áreas inundables con la vegetación pantanosa *Mauritia*. El nombre común de esta vegetación otorga su nombre a estas áreas: aguajales. Los sedimentos depositados en estos ambientes consisten de lodolitas anóxicas o con un bajo contenido de oxígeno, lodolitas orgánicas y probablemente turba.



(12) Planos aluviales pequeños (A4) (planicie aluvial)

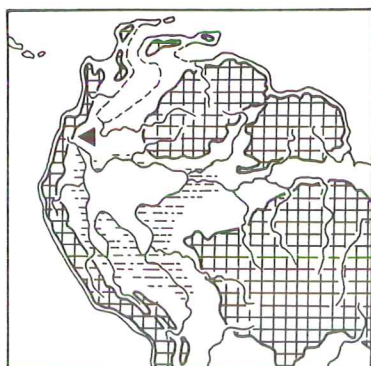
Los planos aluviales de los tributarios más pequeños del río Amazonas están ubicados en esta unidad. A excepción de los planos aluviales del río Nanay, donde se observan algunos ambientes tipo aguajal, los otros planos son mayormente difíciles de determinar. Esto no sólo se debe a su pequeña dimensión, dada la escala de las imágenes de satélite disponibles, sino que resulta a partir del bajo aporte de sedimentos en estos tributarios en comparación con el del río Amazonas, y a su irregular patrón de inundación (dependiendo del régimen de precipitación en la zona de captación).

## SÍNTESIS

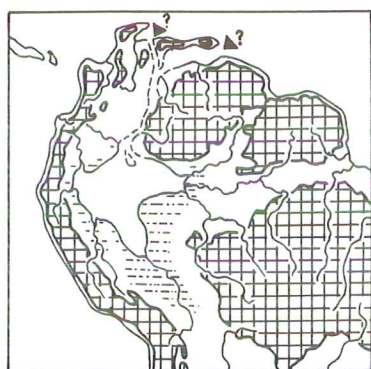
### LA EVOLUCIÓN PALEOAMBIENTAL DEL ÁREA DE IQUITOS

El paisaje moderno en los alrededores de la ciudad de Iquitos, sus geoformas, depósitos, suelos y ríos son mayormente el resultado de los procesos geológicos que han estado actuando en los últimos 18 Ma. En la evolución del área se pueden distinguir tentativamente tres fases principales (ver Figuras 4.33, 4.34 y 4.35):

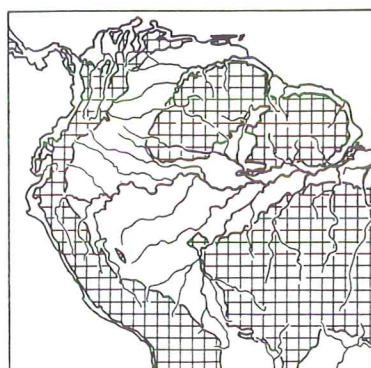
- (1) Hace aproximadamente 18 a 12 Ma la región de Iquitos formaba parte del sistema del "Lago Pebas", un sistema de lagos inmenso que cubría enteramente la Amazonía occidental. El sistema complejo del "Lago Pebas" fue de aguas someras y estuvo probablemente siempre cerca al mismo nivel del mar, y ha podido tener un conexión estrecha con el mar. Los ríos que drenaban los Andes, en proceso de levantamiento, ingresaban al lago por el O, pasando a través de una zona costero-aluvial de antearco, relativamente estrecha. Estos ríos transportaban cantidades enormes de arcillas esmectíticas que fueron formadas en sus planos aluviales mal drenados, en la zona costera aluvial. Durante los millones de años de su existencia, la cuenca lacustre estuvo en constante subsidencia, y el registro sedimentario muestra que la línea de costa progradó y retrogradó repetidamente. Los movimientos tectónicos locales han evidentemente causado irregularidades en la evolución de progradación y retrogradación en diferentes partes del sistema. A lo largo de la línea de la costa, en proceso de migración constante, la depositación más común ocurrió en la zona litoral somera, pero la depositación más abundante ocurrió en las desembocaduras de los ríos de las zonas llanas, donde se formaron pequeños deltas. Los índices de depositación fueron los más altos en el frente de los deltas, donde fueron depositadas las arenas, limos y arcillas de la zona de prodelta. La posición lateral de los deltas cambiaba continuamente. El sistema del "Lago Pebas", de una duración tan larga como la que se interpreta aquí, estuvo constituido por una vida endémica abundante.



1. **Fase lacustrina** hace aproximadamente 18 a 11 Ma El "Lago Pebas" en la Amazonía occidental. Posible inundación de los llanos colombianos, dónde las condiciones marinas habrían prevalecido.



2. **Fase estuarina** aproximadamente 11 a 8 Ma El "Lago Pebas" sufriendo incursiones marinas desde el N (ya sea desde Falcón o el E de la cuenca Venezolana). En los Andes, la actividad tectónica iba en aumento.



3. **Fase fluvial.** Hace aproximadamente 8 Ma hasta el presente. La aparición del río Amazonas aproximadamente hace 8 Ma marca el inicio de la historia fluvial moderna del paisaje.

Figura 4.33. Serie de mapas mostrando las tres fases paleogeográficas distintivas de la evolución de la Amazonía occidental.

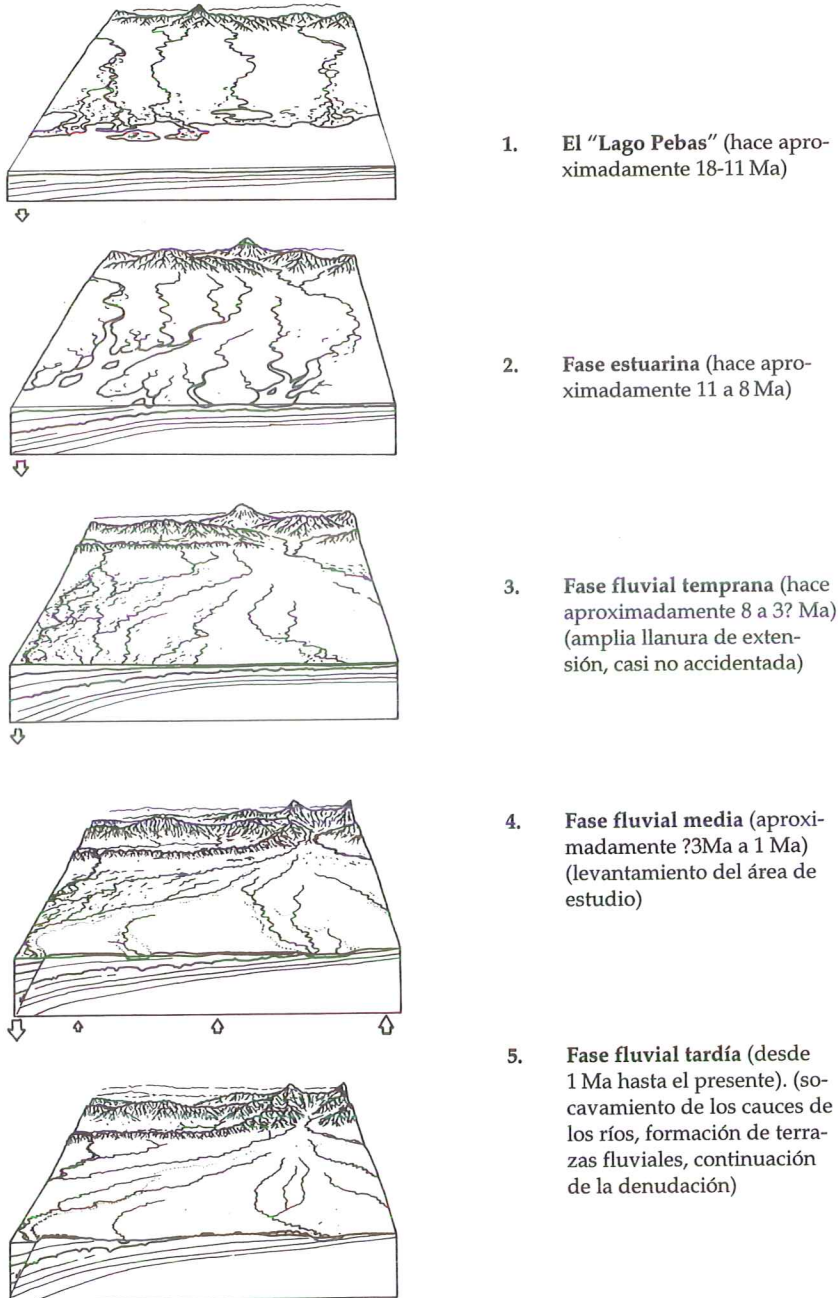
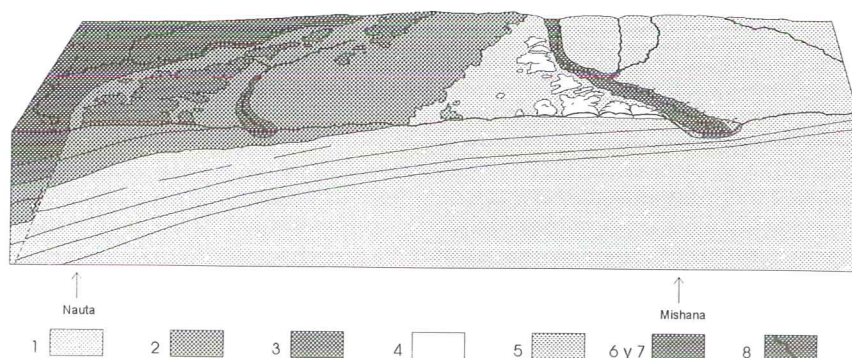


Figura 4.34. Bloque-diagramas mostrando las cinco etapas hipotéticas de la evolución paleogeográfica en el área de estudio. Las flechas indican movimientos tectónicos (hundimiento y levantamiento).





**Figura 4.35.** Sección geológica desde el sur (izquierda) al norte (derecha) del área de estudio, mostrando hipotéticamente las diferentes unidades geológicas en el área. 1=Formación Pebas; 2=Unidad B (Unidad canalizada de Porvenir); 3=Unidad C (Unidad canalizada de Nauta); 4=Unidad las arenitas de Iquitos; 5=terrazas fluviales; 6 y 7=llanura meándrica y planicie de inundación, 8 =cauce del río. (ver también Fig. 12.1)

- (2) Hace unos 12 Ma, dos procesos actuaron en forma simultánea: la(s) incursión(es) marina(s) que ingresó(aron) a la cuenca lacustrina por el N, y un marcado incremento en la influencia de la depositación fluvial de los ríos de origen andino. El cambio en la depositación, desde la Formación Pebas, típicamente lacustrina, pasando por la Unidad canalizada de Porvenir (Unidad B), una unidad canalizada y con influencia de mareas, hasta la Unidad canalizada de Nauta (Unidad C), un sistema fluvial a estuarino de la zona media a superior y con un alto grado de acumulación, documenta la influencia de la sedimentación de los ríos con origen andino con movimiento hacia el E. La(s) incursión(es) marina(s) en la Amazonía occidental fue(ron) muy probablemente, controlada(s) por la subsidencia de las cuencas de antearco de la Amazonía, y por el paleorelieve predominante en la zona norte de Venezuela, desde donde provino(ieron) esta(s) incursión(es) (Marshall & Lundberg, 1996, Vonhof 1998). Los depósitos correspondientes a la(s) incursión(es) también han sido encontrados en la margen occidental del Escudo de Guayana cerca a la frontera Colombiana-Brasileña (Hooen 1995). Los depósitos fluviales con influencia estuarina y de mareas fueron formados en el área de estudio (el nivel superior de la Formación Pebas, las unidades B y C), y parece ser que alcanzaron zonas más hacia el S, incluyendo hasta Acre en Brasil (Räsänen *et al.* 1995).
- (3) Hace unos 8 Ma, el río Amazonas tomó finalmente su curso actual de Oeste - Este (Damuth & Kumar 1975). Como consecuencia de ello, gradualmente debió ocurrir una transición a condiciones fluviales. La mayor parte de esta etapa en la historia geológica en el área de estudio, probablemente esté representada por una discontinuidad estratigráfica (erosión y ausencia de deposi-

tación) considerable entre la Unidad C y las unidades fluviales sobreyacentes (la Unidad las arenitas de Iquitos, terrazas fluviales y el aluvio actual.). El área de estudio sufrió un levantamiento al producirse la formación de la Cordillera Oriental en la margen occidental del Escudo de Guayana en la Amazonía colombiana (aproximadamente 9-8 Ma y 4 Ma hasta el presente). Como resultado, los planos fluviales agradacionales formados por los tributarios del sector superior del río Amazonas fueron levantados y fuertemente disectados o, en su defecto, completamente erosionados. La Unidad de las arenitas de Iquitos es la superficie llana superior en el área de estudio que está preservada (aunque fuertemente disectada), y otras superficies planas, probablemente más altas (y por lo tanto más antiguas), existen en la divisoria de aguas entre algunos de los ríos más grandes (esto es entre los ríos Amazonas y Putumayo). El levantamiento subsecuente resultó en la profundización de los cauces de los ríos cerca a su nivel actual. Los ríos continuaron el socavamiento de sus cauces y, durante los ciclos climáticos de las glaciaciones e interglaciaciones del Cuaternario, los cuales causaron grandes cambios en la carga de sedimentos de los ríos, ocurrió una agradación de las terrazas y una profundización mayor de los cauces de los ríos. Los planos aluviales podrían haberse formado parcialmente durante las interglaciaciones, a temperaturas más elevadas, y ser subsecuentemente levantados para formar las terrazas existentes a lo largo del río Amazonas y sus tributarios. Las fases de agradación de las terrazas podrían también haber ocurrido durante períodos más restrictivos de máxima agradación durante los ciclos de las glaciaciones e interglaciaciones. Estos procesos podrían todavía estar vigentes con la depositación Holocénica en las llanuras de inundación, y a la espera del levantamiento y socavamiento durante el siguiente ciclo de glaciación - interglaciación.

## LA EVOLUCIÓN DE LOS PROCESOS DE METEORIZACIÓN

El contexto tectónico y la historia depositacional del área son las que determinaron la localización de las diferentes unidades geológicas y la naturaleza mineralógica, química y física de sus materiales fuente. Los procesos de denudación regional y los patrones de drenaje son los que en mayor proporción y detalle determinaron la actual distribución regional de las diferentes unidades geológicas. Finalmente, los diferentes procesos de meteorización de las distintas unidades geológicas, determinaron en mayor grado las propiedades y condiciones del suelo.

La meteorización es superficial en los depósitos expuestos de la Unidad B y de la Formación Pebas en el área de estudio. En algunos casos, se pueden observar depósitos no meteorizados a un metro de profundidad o menos. Las secciones efectuadas para estudiar los procesos de meteorización, siguiendo la Unidad B, muestran una pérdida aproximada de la mitad del contenido original de Potasio, y la formación de caolinita y pirofilita en los niveles superiores. De esta manera, los depósitos de la Unidad B y la Formación Pebas estarían enriquecidos en nutrientes tales como K, Mg y Ca.

Los depósitos de la Unidad C originalmente habrían sido depositados como arenas inmaduras en un sistema estuarino. La fuerte meteorización de estos depó-



sitos es mayormente post-depositacional. En esta unidad bien drenada, el tipo de meteorización es laterítica, y se tiene (1) caolinita, como resultado de la transformación de los feldespatos y (2) clorita aluminica, como resultado de la transformación de la ilita en los niveles superiores, pasando primero por esmectita/vermiculita. Durante este proceso se perdió gran parte del contenido de K, Mg, Na y Ca, resultando en suelos pobres.

En la Unidad de las arenitas de Iquitos se formaron suelos aún más pobres. La meteorización (y la alteración) penetró estos depósitos a profundidades de 10 m o más (afloramiento Quistococha). El tipo de meteorización en esta unidad es la podsolización. La fuerte iluviación, típica de los podsoles, produjo la neoformación de gibsita y minerales de  $TiO_2$ . La fracción  $<2\mu m$  de estas alteritas carece casi completamente de elementos importantes para las plantas tales como K, Mg y Ca. Este tipo de meteorización se compara a las condiciones predominantes en la Amazonía centro-oriental, las cuales dieron lugar a las "arcillas Belterra". Este tipo de suelos está entre los más pobres del mundo.

Las futuras investigaciones aclararán si las terrazas más antiguas (más elevadas) están meteorizadas más intensamente que las terrazas más jóvenes (más bajas), y cuán importante son estas posibles diferencias para los distintos suelos y sus propiedades, y qué es lo que se debe tomar en consideración en la toma de decisiones para el mejor uso de la tierra.

## CONCLUSIONES

La historia depositacional del Neógeno-Cuaternario en el área de Iquitos está caracterizada por tres fases distintas. Durante las fases predominantemente lacustri-na, estuarina y fluvial se depositaron en la región sedimentos de una naturaleza y composición muy diferente. La forma y el lugar donde estos sedimentos fueron depositados estuvieron fuertemente ligados al contexto tectónico regional relacionado con la evolución andina. Los procesos de meteorización en los depósitos resultantes, y la dinámica de su distribución superficial a través del tiempo, debido a la denudación, han modelado el mosaico del paisaje actual con sus variadas propiedades edáficas. Los mapas de distribución de las unidades geológicas y geomorfológicas, tentativamente propuestas, proporcionan una primera aproximación para estudiar este mosaico a una escala regional. La falta de conocimiento sobre la estructura de la sub-superficie en muchas de las zonas más inaccesibles de la tierra firme constituye el principal obstáculo para el entendimiento de la evolución del paisaje actual. Las recomendaciones de este capítulo harán mayor hincapié en este punto. Nuestro estudio demuestra que las propiedades edáficas sólo pueden ser comprendidas por medio de la integración informativa de disciplinas tales como la estratigrafía, sedimentología, geología estructural, geoquímica, ciencias de los suelos y la geomorfología. Este acercamiento multidisciplinario ha proporcionado una estructura base para el entendimiento de la evolución del paisaje en el área de Iquitos.



En relación con las conclusiones y observaciones aquí presentadas se proponen las siguientes recomendaciones:

- (1) Se necesitan investigaciones detalladas sobre la distribución, naturaleza y origen de las superficies planas y las terrazas. Las suposiciones sobre la distribución de las terrazas, niveles altitudinales y la antigüedad de los sedimentos habrían hecho posible el estudio de los procesos de meteorización en correcto orden cronológico, y la mayor experiencia acerca de las propiedades edáficas de estas unidades, las cuales se encuentran bajo una inmensa presión de colonización. Las superficies planas más altas (disectadas), ubicadas cerca a las principales zonas de divisoria de aguas, son las unidades menos estudiadas en la región y precisan de una atención especial. Una posibilidad es que estas superficies planas altas habrían funcionado como barreras de dispersión efectivas entre los bosques de la tierra firme y de la margen del río, y los ríos principales.
- (2) Se debe introducir una nomenclatura estratigráfica estándar, incluyendo la redefinición y la redescipción de las secciones tipo, para las diferentes formaciones del Neógeno-Cuaternario en la Amazonía Occidental. Todas las unidades deberían ser ubicadas en una estructura estratigráfica común, con aras a lograr un mejor entendimiento en la evolución geológica regional del área.
- (3) Es necesario un cartografiado geológico y geomorfológico integral junto con un inventario mineralógico de los sedimentos y suelos de la tierra firme, actualmente cubiertos por bosque húmedo tropical, para comprender tanto la distribución de las especies como las oportunidades del uso potencial de la tierra en áreas bajo una gran presión de colonización. De esta manera, se evitaría la colonización y destrucción innecesaria de bosques primarios con suelos muy pobres; zonas que serían abandonadas casi inmediatamente.

## APÉNDICE 4.1. TERMINOLOGÍA GEOLÓGICA

Terminología geológica en partes por/modificado según Bates & Jakson (1980), Visser (1980) y Burga 1992.

TÉRMINO	Explicación
<i>Acetato</i>	Una sal o éster del ácido acético, por ejemplo $\text{CH}_3\text{COOH}$
<i>Agradación</i>	Acumulación de sedimentos en zonas de depresión.
<i>Alóctono(a)</i>	Material formado o producido en un lugar diferente al que se encuentra actualmente; de origen foráneo.
<i>Altamarea máxima</i>	La marea que ocurre dos veces al mes durante o cerca a los días de luna nueva (conjunción) y luna llena (oposición) cuando la atracción gravitacional del sol refuerza a la de la luna, y que tiene un rango de extensión de las mareas mucho mayor o incrementado.
<i>Alterita</i>	Término general para designar los depósitos cuya forma física y geoquímica ha sido alterada durante la meteorización
<i>Anatasa</i>	Un mineral tetragonal ( $\text{TiO}_2$ ) de coloración parda, azul-oscuro o negra que es trimorfo con el mineral rutilo (el cual presenta ángulos diferentes en las caras cristalinas) y con la brookita. Se le encuentra como un producto de alteración de otros minerales de titanio.
<i>Antearco</i>	Antepaís. Área ubicada en el borde de una cadena orogénica, hacia la cual las rocas de la cadena montañosa fueron falladas o plegadas inversamente.
<i>Anticlinorium</i>	Anticlinorio. Conjunto de anticlinales. Una gran estructura anticlinal compuesta de extensión regional conformada por varios pliegues subsidiarios. La superficie que encierra este conjunto presenta, a nivel general, una forma convexa hacia arriba.
<i>Arenita</i>	En el texto: sedimento compuesto de arenas de tamaño entre 2 mm y 0,063 mm.
<i>Arcilita</i>	Véase lodolita.
<i>Arcilla</i>	En el texto se incluyen dos significados diferentes: (a) Una roca o fracción mineral o una partícula detritica de cualquier composición (frecuentemente una fracción cristalina de un mineral de arcilla), más pequeña que un limo de grano muy fino, con un diámetro menor a 1/256 mm (4 micrones, ó 0,00016 pulgadas, ó 8 unidades phi). Esta granulometría es aproximadamente el límite superior de las fracciones que pueden mostrar propiedades coloidales. (b) Mineral de arcilla (ver el recuadro "Mineralogía de arcillas").
<i>Arquitectura</i>	En el texto: acepción abstracta para el orden interno de una estructura sedimentaria.
<i>Autógena(o)</i>	Formada(o) o producida(o) en el mismo lugar; en forma específica. Se dice de los constituyentes de los minerales que no han sufrido transporte o que cristalizaron localmente en las cercanías del lugar donde se encuentran hoy en día, y de los minerales que se formaron al mismo tiempo que, o subsecuentemente a, la formación de la roca de la cual ellos forman parte.
<i>Autóctona(o)</i>	Formada(o) o producida(o) en el lugar donde se encuentra ahora. Su significado es similar al del término autógena(o); pero este último se refiere más a los constituyentes, que a toda una formación.
<i>Bajamarea mínima</i>	La marea que ocurre en el primer y tercer cuarto de la luna, cuando la atracción gravitacional del sol se opone (o se encuentra perpendicular a) a la de la luna, y que tiene un rango de extensión de las mareas mucho menor o reducido (usualmente 10-30% menos que el rango promedio).
<i>Basamento</i>	El complejo de rocas que infrayace las rocas de interés en un área.
<i>Basamento cristalino</i>	Basamento compuesto por rocas ígneas o metamórficas recrystalizadas.

Apéndice 4.1 continuación

<b>Bioturbación</b>	El retrabajamiento y la degradación subsecuente de la sedimentación de los sedimentos causados por actividad biológica.
<b>Brechado</b>	En el texto: Un sedimento arenoso con fragmentos o fracciones angulares de arcilla, o viceversa
<b>Buzamiento</b>	El ángulo de inclinación de las rocas estratificadas o de las estructuras geológicas.
<b>Canal</b>	En el texto: curso de agua de dimensiones variables, actuales o más antiguas y rellenados por procesos de sedimentación.
<b>Caolinita</b>	Mineral de arcilla.
<b>Caracoles</b>	Molusco gasterópodo con una concha espiral.
<b>Carbonato</b>	Mineral: Compuesto mineralizado caracterizado por una estructura aniónica fundamental de CO <sub>3</sub> .
<b>Catión</b>	Ion de un elemento cargado positivamente.
<b>Chert</b>	Roca sedimentaria microcristalina a criptocristalina, dura, extremadamente densa o compacta, opaca a semi-vítrea, que consiste predominantemente de cristales de cuarzo ensamblados con un diámetro aproximado menor a 30 µm; puede contener sílice amorfa. Coloración variada.
<b>Ciclo</b>	En el texto: Ciclo sedimentario en el cual fases similares de depositación se repiten.
<b>Colina</b>	Elevaciones de terreno superiores a aproximadamente 30 metros, con pendientes suaves.
<b>Concreciones</b>	Masas compactas a duras, o agregados o concentraciones locales de una materia mineral, normalmente subsféricas pero comúnmente esféricas, aplanadas, o irregulares; formadas por la precipitación de soluciones acuosas alrededor de un núcleo o centro, tales como una hoja, concha, resto óseo, o fósil, en los poros de una roca sedimentaria o, y que usualmente presentan una composición distinta a la de la roca en la cual se les encuentra y de la cual se encuentran completamente diferenciadas. Las concreciones representan una concentración de los minerales constituyentes menores de la roca englobante o del cemento, tales como la sílice (chert), calcita, dolomita, óxidos de hierro, pirita, o yeso. Sus dimensiones varían desde objetos pequeños como un pelet a un cuerpo esférico de más de 3 m de diámetro.
<b>Convoluta</b>	Término descriptivo utilizado para designar las láminas con apariencia ondulada, extremadamente desorganizadas, y marcadamente e intrínsecamente retorcidas, o plegadas.
<b>Coprolito</b>	Excremento fosilizado de vertebrados, tales como los peces, reptiles, y mamíferos, caracterizados por una forma ovoide a elongada, y por una superficie marcada por convoluciones anulares, y una coloración parda a negruzca, y frecuentemente compuesto mayormente por fosfato de calcio.
<b>Corteza continental</b>	El tipo de corteza terrestre que infrayace los continentes y las plataformas continentales; su grosor varía desde aproximadamente 35 km hasta 60 km bajo las cordilleras.
<b>Cratón</b>	Una parte de la corteza terrestre que ha permanecido estable, y ha sufrido poca deformación por un período prolongado.
<b>Cristalina(o)</b>	Se dice de una roca que consiste completamente de cristales o fracciones de cristales; especialmente se dice de una roca ígnea desarrollada tras el enfriamiento de un magma en estado de fusión y que no contiene vidrio, o de una roca metamórfica que ha sufrido una recrystalización como resultado de cambios de temperatura y presión.



Apéndice 4.1 continuación

<b>Cuarclífera(o)(s)</b>	Un depósito sedimentario caracterizado por su gran contenido de cuarzo.
<b>Cuaternario</b>	El segundo período de la era Cenozoica y que sigue al Terciario. El Cuaternario empezó hace dos a tres millones de años y se extiende hasta el presente. Éste consiste de dos épocas muy desiguales: el Pleistoceno, hasta hace unos 10 000 años, y el Holoceno desde ese tiempo hasta hoy en día.
<b>Cuenca</b>	En el texto: una área topográficamente baja en la corteza terrestre, de origen tectónico, en la cual los sedimentos se van acumulando a través del tiempo.
<b>Datación absoluta</b>	Asignación de la edad de un sedimento o fósil con un método isotópico o radiométrico.
<b>Datación relativa</b>	La ubicación cronológica adecuada para un evento, objeto, o fenómeno en la escala del tiempo geológico sin hacer referencia a su edad absoluta.
<b>Delta</b>	El sector aluvial de terreno con una topografía baja, casi plana en o cerca de la desembocadura de un río, comúnmente formando un área triangular o conoidal de gran extensión, atravesada por varios tributarios del río principal, tal vez extendiéndose más allá de la tendencia general de la costa, y que resulta de la acumulación de los sedimentos aportados por el río.
<b>Discontinuidad estratigráfica</b>	Interrupción en la continuidad de una secuencia depositacional de las rocas sedimentarias. Esta discontinuidad es el resultado de un cambio que causó el cese de la depositación por un período largo de tiempo, y que normalmente implica un levantamiento y erosión.
<b>Disectada(o)</b>	En el texto dos usos: (a) Una superficie originalmente plana que posteriormente fue erosionada en colinas y promontorios, (b) tipo de relieve producido de la actividad erosiva de las lluvias y de las corrientes de agua al cortar o dividir el terreno en colinas y promontorios.
<b>DRX</b>	Método de difracción de rayos.
<b>Duna</b>	En el texto: Una ondula de arena formada en el lecho de una corriente de agua y que es usualmente transversal a la dirección del flujo, que es transportada corriente abajo. Similar a una duna eólica, pero formada en un ambiente subacuático.
<b>EHI</b>	Estratificación heterolítica inclinado.
<b>Electrolito(s)</b>	Una solución con muchos iones de elementos. Sustancias que conduce la electricidad cuando se encuentra en estado líquido.
<b>Ensenada perimarina</b>	Una ensenada del mar con agua poco salobre.
<b>Escudo</b>	Una área de gran extensión de rocas del basamento cristalino expuestas o aflorantes en un cratón.
<b>Esmectita</b>	Mineral de arcilla, ver recuadro.
<b>Estratificación</b>	En el texto: Una estructura sedimentaria producida por la depositación de los sedimentos en estratos.
<b>Estratificación en transposición</b>	Estructura sedimentaria primaria que resulta del flujo de sedimentos hidroplásticos o fluidos después de la depositación y algunas veces después de la consolidación parcial de los sedimentos.
<b>Estratigrafía</b>	Ciencia de los estratos de rocas. Concierno a todas las características y atributos de los estratos de rocas; y su interpretación en términos del ambiente o génesis, y su historia geológica.
<b>Estuario</b>	Concarniente a/o formado en/o que vive en/un estuario o estuarios; especialmente, de los depósitos y del ambiente sedimentario o biológico de un estuario.
<b>Eustático</b>	Los cambios globales del nivel del mar que afectan los océanos.
<b>Extensional</b>	La tectónica de bloques dónde predominan los esfuerzos tensionales sobre los esfuerzos compresivos.
<b>Falla</b>	Fractura o zona de fracturas a lo largo de la cual se ha producido un desplazamiento de los lados, en relación del uno con el otro, en forma paralela a la fractura.

Apéndice 4.1 continuación

<b>Fallada(o)</b>	Una unidad geológica que ha sufrido uno o varios fallamientos.
<b>Feldespato</b>	Uno de los grupos más abundantes de los minerales formadores de rocas con la fórmula general: $MAI(Al, Si)_3O_8$ , donde $M=K, Na, Ca, Ba, Rb, Sr, o Fe$ . Los feldespatos conforman el grupo de minerales más ampliamente distribuido y constituyen el 60 % de la corteza terrestre. Los feldespatos presentan usualmente una coloración blanquecina, son claros y translúcidos (no tienen color propio pero presentan frecuentemente coloraciones debido a impurezas). Al descomponerse, los feldespatos generan una gran parte de la arcilla de los suelos y también el mineral caolinita.
<b>Filosilicatos</b>	Una clase o tipo estructural de un silicato caracterizado por tetraedros que comparten 3 de sus 4 oxígenos para así formar láminas aplanadas.
<b>Flexuramiento del basamento</b>	Expresión que indica la curvatura y/o deformación del basamento bajo la presión de esfuerzos compresivos.
<b>Fósil</b>	Cualquier resto, traza o huella de una planta o animal que ha sido preservado en los depósitos geológicos desde uno de los tiempos geológicos pasados o prehistóricos.
<b>Fracción lítica</b>	Un pedazo de roca que ha sido separada de- o quebrada a partir de- una masa preexistente. Según la petrografía de las arenas, uno de los tres grupos principales para su clasificación (en comparación con los otros dos grupos: cuarzo y feldespatos).
<b>FRX</b>	Método de fluorescencia de rayos X.
<b>Geobloque</b>	Segmento de la litósfera que se caracteriza por ser torsionalmente rígido, al cual se le puede asumir un movimiento horizontal, y que colinda con otros geobloques a lo largo de las zonas de actividad sísmica.
<b>Geoforma(s)</b>	Las geoformas conforman la configuración superficial de la Tierra, tales como planicies, mesetas, montañas; colinas, valles pendientes etc.
<b>Geomorfología</b>	La configuración general de la superficie terrestre.
<b>Guijos</b>	Grava o agregado suelto redondeado (rodado) entre 64-16 mm de diámetro.
<b>Glaciación</b>	En el texto: El recubrimiento de grandes extensiones de tierra por parte de los glaciares o masas de hielo.
<b>Goetita</b>	Mineral de coloración amarillenta, rojiza, o pardo-negruzca: $\alpha\text{-FeO(OH)}$ . La goetita es trimorfa con las minerales lepidocrocita y akaganeita. Ésta es el constituyente más común de muchas de las geoformas naturales que presentan manchas rojizas y de la limonita. Se presenta especialmente como un producto de meteorización en las monteras de oxidación compuestas por depósitos mineralizados enriquecidos con sulfuros.
<b>Goniómetro</b>	En el texto: el instrumento que mide las difracciones de los rayos X; un difractómetro.
<b>GPS</b>	Sistema de ubicación global (global positioning system). Instrumento con conexión a uno o varios satélites que indica las coordenadas geográficas de ubicación en el punto en que se encuentre.
<b>Grupos-pares</b>	Pares de láminas sedimentarias genéticamente relacionadas, que generalmente se presentan en series repetitivas.
<b>Heterolítica</b>	La presencia de sedimentos litológicamente heterogéneos en una sola unidad geológica.
<b>Hiato</b>	Un lapso de tiempo, tal como el intervalo de tiempo no representado por las rocas en las discontinuidades estratigráficas.
<b>Holoceno</b>	Una época del período Cuaternario, desde el final del Pleistoceno, aproximadamente hace 10 000 años, hasta el presente.
<b>Ilita</b>	Mineral de arcilla.
<b>Iluviación</b>	La acumulación del material soluble o en suspensión que fue transportado desde un horizonte de suelos superior, en un horizonte inferior, por el proceso de eluviación.
<b>In situ</b>	En su lugar original.

Apéndice 4.1 continuación

<b>Inmadura(o)s</b>	En el texto: Dícese de un sedimento clástico que ha evolucionado o ha sido diferenciado de su material parental con una intensidad baja y que está caracterizado por minerales relativamente inestables (tales como los feldespatos).
<b>Interglaciación</b>	Episodio climático más caliente entre los tiempos de grandes glaciaciones durante el Cuaternario.
<b>Lámina</b>	En el texto: estructura horizontal con un espesor menor a 1 cm.
<b>Laterítica(o)</b>	Adjetivo que califica una unidad geológica o edáfica bastante meteorizada, con una coloración rojiza debido a su enriquecimiento en óxidos secundarios de hierro, aluminio, o ambos, y que comúnmente presenta cuarzo y caolinita. Una unidad laterítica se desarrolla bajo un clima tropical o boscoso cálido a temperado, y es un producto residual de la meteorización.
<b>Lepidocrocita</b>	Mineral de coloración rojiza a pardo-rojiza: $\gamma\text{-FeO(OH)}$ . La lepidocrocita es trimorfa con la akaganeíta y la goetita, y está asociada con la limonita en las menas del hierro.
<b>Lignito</b>	Carbón de color pardo-negruzco que es intermedio en la clasificación entre la turba y el carbón bituminoso.
<b>Limo</b>	La fracción de roca con una granulometría inferior a la arena de grano muy fino y superior a la arcilla, con un diámetro de 1/256 a 1/16 mm (4-62 micrones, o 0,00016 -0,0025 pulgadas, o 8 a 4 unidades phi; el límite superior fraccionométrico es aproximadamente el tamaño más pequeño distinguible a simple vista).
<b>Litofacies</b>	En el texto: Subdivisión de una unidad estratigráfica dada, que se diferencia de las unidades adyacentes por su litología, incluyendo las características mineralógicas y petrográficas que influyen en la apariencia, composición, o textura de la roca.
<b>Litoral</b>	La estrecha faja de tierra que bordea todo cuerpo de agua, específicamente, la zona sobre la cual el terreno es expuesto o no en forma alternada por las mareas o olas, o la zona entre la marea alta y la marea baja.
<b>Llanura meándrica</b>	Zona de meandros. La zona a lo largo del fondo de un valle, a través de la cual una corriente meándrica afecta su lecho de vez en cuando.
<b>Lodolita</b>	En el texto: término utilizado para designar a los sedimentos arcillosos, limosos, o arcillas en general. (syn. arcilita no consolidado).
<b>Marea(s)</b>	El levantamiento y caída rítmica alternante del nivel de las aguas del océano, y de los cuerpos de agua conectados con el océano tales como los estuarios y golfos, que ocurre dos veces por día en la mayor parte de la Tierra, y que resulta de la atracción gravitacional de la luna (y, en un menor grado, del sol) actuando en forma distinta en las diferentes partes del planeta.
<b>Meándrico</b>	Canal de un río que desarrolla una serie de curvas sinuosas regulares en forma libre.
<b>Mesozoico</b>	Una era del tiempo geológico, desde el final del Paleozoico hasta el comienzo del Cenozoico, o desde hace aproximadamente 225 a 65 millones de años.
<b>Metamórfica</b>	Una roca recrystalizada durante una elevación de la temperatura y/o presión.
<b>Meteorización</b>	El proceso destructivo a través del cual las rocas expuestas a la intemperie (bajo la acción de los agentes atmosféricos) o cerca a la superficie terrestre sufren cambios en su coloración, textura, composición, firmeza, o forma, con poco o nada de transporte del material suelto o alterado; específicamente, la desintegración física, descomposición química y/o acción biológica que actúan sobre una roca produciendo una capa de sedimentos alterados preparada para el transporte.
<b>Mica</b>	El grupo de minerales con la fórmula general: $(\text{K,Na,Ca})(\text{Mg,Fe,Li,Al})_2\text{-}_3(\text{Al,Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH,F})_2$ . Las micas son constituyentes fundamentales formadores de las rocas ígneas y metamórficas.



Apéndice 4.1 continuación

<b>Minerales pesados</b>	Minerales detríticos de las rocas sedimentarias, que tienen una gravedad específica mayor al promedio (usualmente 2,85), y que se presenta comúnmente como un constituyente menor o mineral accesorio de la roca (contenido menor al 1% en la mayoría de las arenas).
<b>Mineralogía</b>	El estudio de los minerales: su formación, ocurrencia, propiedades, composición, y clasificación.
<b>Mioceno</b>	Una época del período Terciario superior, después del Oligoceno y antes del Plioceno.
<b>Monomineral</b>	Adjetivo para una roca compuesta por un solo mineral.
<b>Neoformación</b>	La formación de nuevos minerales.
<b>Neógena(o)</b>	Una unidad geológica perteneciente al Neógeno.
<b>Neógeno</b>	El intervalo de tiempo que integra al Mioceno y al Plioceno del período Terciario; El Terciario Tardío.
<b>Nódulo</b>	(a) La masa pequeña redondeada irregularmente de un mineral o agregado mineral, normalmente con una superficie discontinua y sin estructura interna. Usualmente presenta una composición marcadamente distinta al sedimento que la engloba o a la matriz de roca que la contiene. La mayoría de nódulos parecen ser estructuras de origen secundario; en las rocas sedimentarias los nódulos son principalmente el resultado del reemplazamiento post-depositacional de la roca que las contiene.
<b>Octaedro</b>	Cristal isométrico conformado por ocho caras que son triángulos equiláteros.
<b>Óndula de arena</b>	Término general para describir rizaduras de arena subacuáticas de grandes dimensiones.
<b>Oscilación</b>	En el texto: movimiento de una corriente de un lado a otro.
<b>Pachydons(s)</b>	Invertebrado perteneciente al phylum Molusco, clase Bivalvia (Pelecípoda), familia Corbulidae, sub-familia Pachyodontinae. Los Pachydons son parte de un grupo originalmente marino, pero que durante el Neógeno en la Amazonía se adaptó a ambientes de agua dulce y que sufrió una radiación bastante extensiva. Altura de 0,4 cm - 7 cm. Los Pachydons podrían ser indicadores de condiciones con un bajo contenido de oxígeno en los fondos marinos, o en los fondos de cuerpos de agua continentales.
<b>Paleorelieve</b>	El relieve topográfico de un área paleogeológica.
<b>Perimarino</b>	Una zona perimarina con agua poco salobre.
<b>Phos</b>	Especie que indica ambientes perimarineros.
<b>Pirita</b>	Mineral isométrico común de coloración bronceada clara o amarillo-latón: $\text{FeS}_2$ . La pirita es dimorfa con la marcasita, y frecuentemente contiene cantidades menores de otros metales. La pirita tiene un brillo metálico y carece de clivaje. Comúnmente, cristaliza en cubos (con caras usualmente estriadas), octaedros, o piritodros, y también se presenta en granos o masas amorfas.
<b>Piritizado</b>	Los restos paleontológicos, estructuras sedimentarias, o las unidades geológicas o edáficas que han sufrido la introducción de-, o un reemplazamiento por pirita.
<b>Pirofilita</b>	Un mineral de coloración blanquecina, grisácea o parduzca: $\text{AlSi}_2\text{O}_5(\text{OH})$ .
<b>Plegada</b>	Una estructura geológica que ha sufrido un plegamiento.
<b>Plegamiento</b>	La formación de los pliegues en las rocas.
<b>Pleistoceno</b>	Una época del período Cuaternario, después del Plioceno del Terciario y antes del Holoceno. Comenzó hace unos dos a tres millones de años y duró hasta el inicio del Holoceno hace aproximadamente 10 000 años.
<b>Pliegue</b>	La curvatura o doblez de una estructura planar tales como los estratos de roca, los planos de estratificación. Un pliegue usualmente es un producto de deformación, aunque puede incluir estructuras primarias.

Apéndice 4.1 continuación

<b>Plioceno</b>	Una época del período Terciario, después del Mioceno y antes del Pleistoceno.
<b>Podsolización</b>	El proceso por el cual un suelo se acidifica debido a la disminución de las bases, y desarrolla una estratificación superficial con estratos libres de arcillas y que desarrollan el horizonte B de iluviación.
<b>Prodelta</b>	(La parte de un delta que se encuentra por debajo de la profundidad efectiva de la erosión de las olas, que yace más allá del frente del delta, y que presenta una pendiente suave o de baja inclinación hacia el fondo de la cuenca en la cual el delta está progradando (avanzando).
<b>Progradar</b>	El avance de la línea de costa (de una playa, delta o conoide aluvial) hacia adelante o mar afuera causado por la depositación cercana a la costa.
<b>Pseudomorfo</b>	En el texto: Un mineral cuya forma cristalina externa es la de otra especie mineral; se desarrolla por alteración.
<b>Red estereocristalina</b>	Un arreglo tridimensional de todos los puntos de un cristal que están relacionados por transposición con un punto arbitrariamente determinado.
<b>Restingas y bajiales</b>	En el texto: la topografía conformada por una serie de crestas o restingas y depresiones pantanosas o bajiales preservadas gracias a la migración lateral de los ríos de curso meándrico (complejo de orillares).
<b>Retrabajamiento</b>	Dícese del proceso que sufre un sedimento, tras su remoción o desplazamiento por agentes naturales desde su lugar de origen en una formación más joven.
<b>Retrogradante</b>	Producto de la retrogradación o el movimiento hacia atrás o de retroceso (tierra adentro) de una línea de costa.
<b>Rizadura(s)</b>	Pequeña elevación de arena que asemeja o sugiere una rizadura de una corriente de agua (ola de capilaridad) y que se forma en el plano de estratificación de un sedimento; específicamente una pequeña óndula de arena de forma similar a una duna.
<b>Rutilo</b>	Mineral tetragonal usualmente de coloración rojiza-parda: $\text{TiO}_2$ . Este mineral es trimorfo con la anatasa y la brookita. El rutilo forma cristales prismáticos en otros minerales (especialmente en el cuarzo); se presenta como mineral primario en algunas rocas ígneas ácidas, en las rocas metamórficas, y como granos residuales en sedimentos.
<b>Sección delgada</b>	Una fracción de roca o mineral que es mecánicamente pulida hasta un espesor aproximado de 0,03 mm, y que se adhiere a un porta- y un cubre-objeto para su observación bajo el microscopio. Esta dimensión permite el estudio de las propiedades ópticas de los minerales transparentes o translúcidos.
<b>Sedimento</b>	Material fraccional sólido que se origina a partir de la meteorización de las rocas y que es transportado o depositado por el aire, agua o hielo, o que es acumulado por otros agentes naturales, tales como la precipitación química de soluciones o secreciones de organismos, y que se forma en capas o estratos sobre la superficie terrestre a una temperatura ambiente en una forma inconsolidada o suelta.
<b>Sesgada</b>	Arreglo de estratos inclinados a cierto ángulo con la estratificación principal. Actualmente, se le considera como un término general que se subdivide en: estratificación sesgada en capas, en la cual los estratos sesgados son más gruesos que 1 cm, y laminación sesgada, en la cual los estratos sesgados son más delgados que 1 cm.
<b>Sesgada planar</b>	Estratificación sesgada en capas en la cual las superficies inferiores de cada capa son superficies planas de erosión.
<b>Sílice amorfa</b>	La sílice ( $\text{SiO}_2$ ) que carece de una estructura cristalina, o cuyo arreglo interno es tan irregular que no presenta una forma externa característica.
<b>Sismicidad</b>	El fenómeno de los movimientos de la Tierra.
<b>Somera</b>	De poca profundidad; superficial.
<b>Suelo</b>	Capa superficial de la tierra en la que crecen las plantas, y que consiste en materiales de roca desintegrados usualmente con una mezcla de restos orgánicos.

Apéndice 4.1 continuación

<b>Superficie de agradación</b>	Superficie creada por la depositación de sedimentos transportados, por ejemplo por un río.
<b>Tamiz</b>	Aparato utilizado para la separación de material sedimentario en función a su fraccionometría.
<b>Tamizado</b>	La determinación de la distribución fraccionométrica en un sedimento a partir del cálculo porcentual de las fracciones que pasan a través de tamices estándar de varias dimensiones.
<b>Tectónica</b>	La arquitectura generalizada de la superficie terrestre, el conjunto regional de los rasgos estructurales o de deformación, sus relaciones mutuas, su origen, y su evolución histórica.
<b>Terraza</b>	Superficie alargada, estrecha, relativamente suave o de baja pendiente, generalmente menos amplia que una llanura, limitada a lo largo de uno de sus lados por una pendiente más empinada descendente y a lo largo del otro lado por una pendiente más empinada ascendente.
<b>Terraza fluvial</b>	Terraza que representa el antiguo lecho de un río, disectada por el río.
<b>Tetra</b>	Prefijo que indica el número o la cantidad cuatro.
<b>Tetraedro</b>	Forma de cuatro caras; pirámide triangular.
<b>Textura flotante</b>	Textura donde la matriz impide que los rodados/cantos entren en contacto.
<b>Thais</b>	Molusco perteneciente a la clase Gasterópoda. Especie que indica ambientes perimarininos.
<b>Thallasoides</b>	(Thalassinoides) Fósil-traza/icnofósil. Su morfología consiste en varios sistemas de cavidades verticales que conectan una red de túneles horizontales de grandes dimensiones. Las huellas o trazas de excavación presentan diámetros de 2 a 20 cm, con un patrón típico de ramificación en forma de "Y", algunas formando polígonos. Estas trazas son producidas por una variedad de decápodos (y otros?) crustáceos. Este fósil-traza indica un ambiente de aguas someras con condiciones de alta energía.
<b>Tierra firme</b>	Terreno no inundable en Amazonía, topográficamente más elevado, adyacente entre de las redes fluviales.
<b>Transpuesta</b>	Adjetivo que califica una estructura sedimentaria en transposición (por ejemplo: estratificación en transposición).
<b>Tubos de sedimentación</b>	Tubos utilizados para la depositación de sedimentos para el análisis fraccionométrico de los granos más finos.
<b>Yeso</b>	Mineral ampliamente distribuido que consiste en sulfato de calcio hidratado: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . El yeso es suave (dureza 2 en la escala de Mohs); se presenta blanco o incoloro en estado puro, pero comúnmente presenta matices de gris, rojo, amarillo, azul o marrón. Se le encuentra en forma masiva, fibrosa, o en cristales monoclínicos.

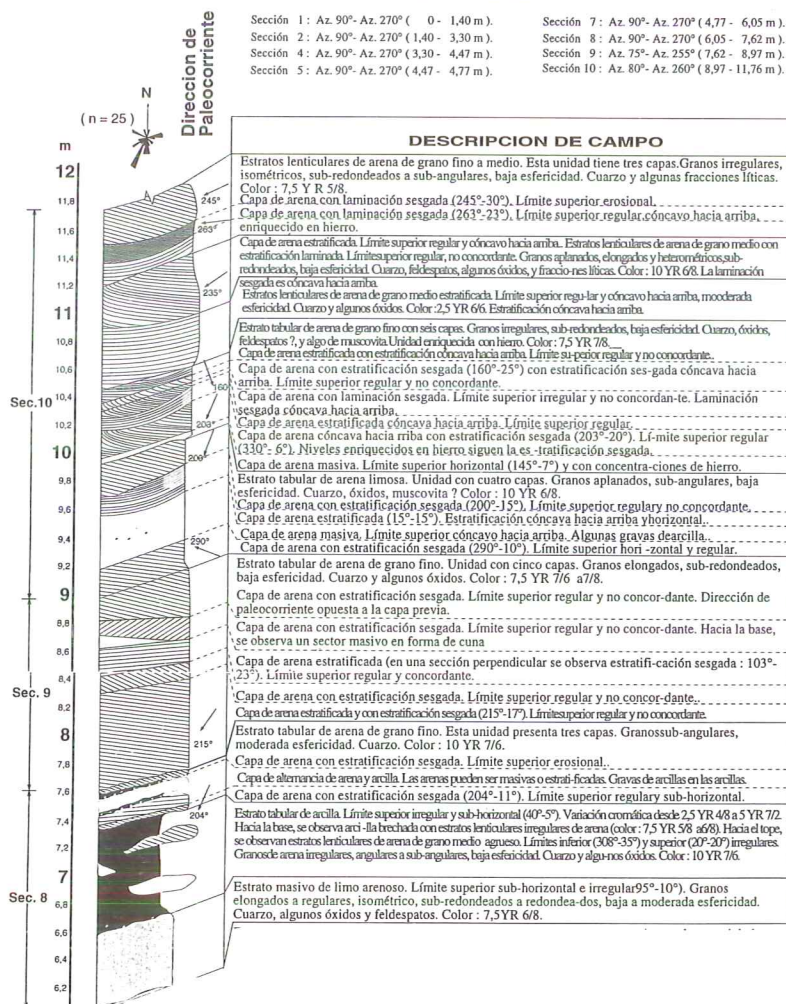


## APÉNDICE 4. 2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL AFLORAMIENTO "NAUTA 3"

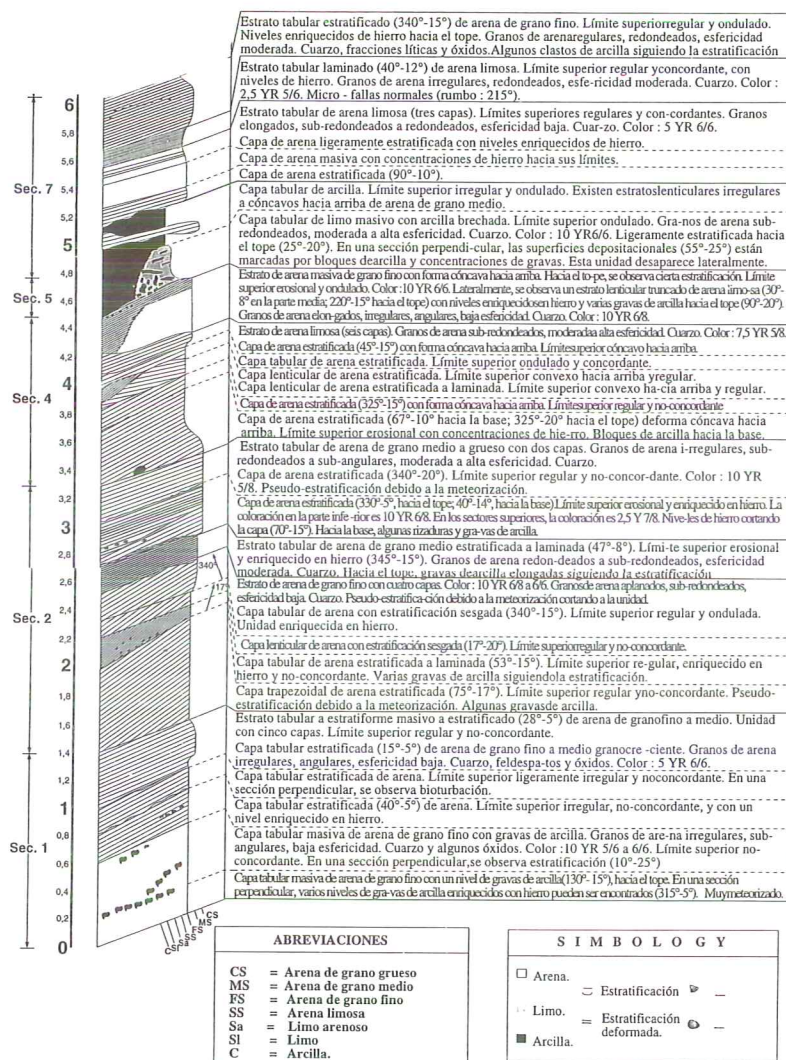
**Carretera Nauta-Iquitos, Km 14,52 - 14,6.**  
Sección oriental.

Fecha de adquisición de datos: 23 setiembre de 1996

Direcciones de paleocorriente hacia: SO, NE & SE



## Apéndice 4.2 continuación







# CAPÍTULO 5

## SUELOS DE LA ZONA DE IQUITOS

Sjef Kauffman, Gobert Paredes Arce y Ruben Marquina

---

### RESUMEN

El presente estudio incluye una revisión de las investigaciones de suelos efectuadas en los 20 últimos años, el estudio de campo de nuevos sitios, representativos de los principales tipos de suelos, y el análisis de horizontes de suelos hasta una profundidad máxima de 6 a 7 metros. Centra su atención en el área de tierras altas no inundables, es decir, en el área de tierra firme. La zona de Iquitos tiene diversos suelos fuertemente contrastantes, cuya distribución se muestra en un corte esquemático simplificado. Los suelos fueron clasificados de acuerdo a dos sistemas internacionales (FAO y Taxonomía de Suelos) y correlacionados con estudios anteriores de suelos de las áreas de Iquitos y Yurimaguas. Se proponen cinco grupos de suelos a fin de orientar las experiencias de campo y el manejo de suelos, los cuales son correlacionados con las variables: forma de tierra, permeabilidad, trabajabilidad y fertilidad de suelo. Estos grupos fueron los siguientes: (I) Suelos ligeramente lixiviados que contienen arcilla esmectítica (Cambisoles Gléyicos y Dístricos); (II) Suelos arcillosos caolíníticos fuertemente lixiviados (Ferralsoles y Acrisoles); (III) Suelos francos fuertemente lixiviados (Ferralsoles o Cambisoles Ferrálicos); (IV) Suelos arenosos fuertemente lixiviados (Arenosoles y Podzoles); y (V) Suelos pobremente drenados, saturados con agua casi todos los meses del año, de textura diversa, situados en valles y depresiones, incluyendo suelos orgánicos (Histosoles) y suelos minerales (Gleysoles). El potencial agro-ecológico de estos cinco grupos de suelos fue evaluado valorando once cualidades de tierra. Se identificaron las principales limitaciones de la producción agrícola y se discutió tanto el potencial de mejoramiento de los suelos como las técnicas de manejo para los mismos. Los suelos de tierra firme son predominantemente fuertemente lixiviados y muy ácidos, por lo tanto, pobres en nutrientes para las plantas. La menor parte de estos suelos tienen una reserva substancial de nutrientes para las plantas, la cual está basada en la presencia de depósitos aluviales arcillosos del Terciario, relativamente no lixiviados (Formación Pebas). Estos suelos parecen estar restringidos a tierras desnudas a lo largo de los ríos, valles y depresiones. Un estudio de suelos de la parte central de la tierra firme es necesario para confirmar esta hipótesis. Además se propone que el uso de árboles en los sistemas de uso de la tierra debería ser maximizado a fin de imitar el ciclo del mecanismo de la nutrición de plantas en bosques tropicales húmedos.

*En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114: 139-229.*

## INTRODUCCIÓN

La zona de estudio, que forma parte del llano Amazónico, está cubierta por un bosque húmedo tropical. Luego de la interpretación de las imágenes de satélite y de las observaciones de campo, surgen varias interrogantes relacionadas con el uso de la tierra. ¿Por qué las áreas deforestadas están restringidas a terrenos ubicados a lo largo de las márgenes de los ríos? ¿Por qué la práctica de "rozo" y "quema" es aún usada, a pesar de la existencia de alternativas sostenibles para este arduo sistema de uso de la tierra? ¿Por qué la tierra, luego de la deforestación y "quema" de su biomasa seca, experimenta un decrecimiento rápido de su capacidad productiva, cuando es sometida a fines agrícolas? ¿Por qué algunas áreas son más productivas que otras? ¿Son ecológica y económicamente sustentables los sistemas agroforestales tradicionales o los recientemente introducidos?

En vista que la ciudad de Iquitos está en continua expansión y que la población de la provincia de Maynas experimenta un crecimiento constante, los agricultores y planificadores están interesados en conocer las mejores opciones para el uso de la tierra. Este capítulo intenta proporcionar algunas respuestas a las interrogantes antes indicadas mostrando la importancia del conocimiento de los diferentes tipos de suelos de la zona de Iquitos. Diversas investigaciones de suelos de esta zona en los últimos 20 años, han mostrado diferentes patrones de distribución geográfica de suelos. Sin embargo, la mayoría de estos estudios estuvieron limitados en la intensidad de las observaciones o restringidos a áreas relativamente pequeñas, siendo hasta hoy insuficiente el conocimiento de los suelos de esta zona.

Desde el punto de vista hidrológico y de fertilidad, los suelos de la llanura aluvial y aquellos de tierra firme (área no inundable ubicada a mayor altitud que los suelos de la llanura aluvial), son fuertemente contrastantes. Este proyecto concentra su atención en los suelos de la segunda unidad (suelos de tierra firme), en razón a la insuficiente información existente sobre los mismos. El uso racional de las áreas de tierra firme debería estar basado en el conocimiento detallado de las propiedades de la tierra y de los suelos de estas áreas. Los suelos aluviales de los ríos Amazonas y Itaya se tratan en el Capítulo 6.

Este proyecto no tiene como meta realizar un estudio sistemático detallado de suelos de la zona de estudio, sino contribuir al conocimiento de los mismos. A través del estudio de nuevas localidades (nuevos puntos) y de su correlación con la información previa existente, sea en publicaciones oficialmente divulgadas o en aquellas no publicadas (llamadas publicaciones "grises") fue posible llenar los espacios en blanco sobre el conocimiento edáfico de la zona. Las observaciones de suelos en las nuevas localidades incluyen descripción del paisaje, descripción morfológica del perfil y análisis físicos, químicos y mineralógicos del mismo. Las propiedades de los principales tipos de suelos, presentes en la zona de estudio, provienen de la unión de los grupos de datos generados en el presente estudio y de aquellas de las publicaciones previas.

La correlación se llevó a cabo de acuerdo a las principales regiones fisiográficas y a las características de suelos importantes para los análisis agronómicos y ecológicos generales. La nomenclatura científica de los suelos fue hecha de acuerdo a

dos sistemas internacionales, a fin de hacer posible su comparación con los suelos de otros lugares del mundo, de condiciones edáficas tropicales similares. Los principales tipos de suelos de la zona de estudio tienen propiedades fuertemente contrastantes cuyas implicaciones repercuten gravitadamente en el uso y manejo de la tierra. La sección sobre evaluación de la tierra se concentra para propósitos agrícolas. Se enfocan las principales limitantes edáficas que restringen la productividad de la tierra, así como las mejoras potenciales que podrían introducirse para resolver estas limitaciones. Varios factores ambientales son responsables de la formación de los suelos, pero el factor humano (a partir de la ocupación de la tierra), constituye un factor muy determinante de las características edáficas de los mismos. En este capítulo se incluyen algunos aspectos sobre la formación de los suelos. Mayor información al respecto se reporta en el Capítulo 12.

El presente capítulo tiene tres apéndices. El Apéndice 5.1 presenta la terminología técnica frecuentemente utilizada en el texto. El Apéndice 5.2 presenta valores de las características analíticas en mapas. Finalmente, el Apéndice 5.3 constituye una amplia descripción de la base de datos de los suelos de referencia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN DE SUELOS

La Tabla 5.1 presenta una lista de los estudios de suelos - incluyendo la zona de Iquitos - efectuados durante los 20 últimos años. Bajo el título "nivel de estudio" se incluyen los estudios de campo a nivel exploratorio, reconocimiento, semi detallados y detallados, determinados por la densidad y distribución de las observaciones. Una "observación de campo" incluye la descripción del paisaje y del perfil, la que es complementada con análisis de laboratorio de muestras de suelos de los diferentes horizontes o capas del suelo.

En la zona de estudio se han llevado a cabo más de 500 observaciones de suelos, información que está disponible en varios documentos. Esta información es, sin embargo, heterogénea, debido a diferencias en el tipo de investigación, año de ejecución, investigadores, instituciones y laboratorios de análisis de suelos. Afortunadamente, los procedimientos para la descripción de suelos y los procedimientos analíticos son comparables. Cuando se utilizaron métodos diferentes fue difícil la correlación de las características de los suelos; estos problemas se mencionan en las secciones siguientes. Desafortunadamente, la localización de gran parte de estas observaciones no es conocida, debido a falta de información sobre coordenadas geográficas, descripción de la localidad o mapa de ubicación.



**Tabla 5.1.** Inventario de estudios de suelos incluyendo la zona de estudio. Con el número de observaciones se hace referencia a descripciones de campo e información analítica de los suelos.

AUTORES	Año	Nivel de estudio	Localización	Área, km <sup>2</sup>	Número de observaciones	Laboratorio
ONERN	1976	Reconocimiento	Toda el área	5500	27	UNALM
Flores P.	1977	Detallado	Puerto Almen- dra	±2	11	CATIE
MA/ORDELORETO	1981	Detallado	Carretera	1250	88*	UNALM(?)
ONERN/ENDEPALMA	1982	Semi-detallado	Manití	172	55*	UNALM
ONERN/ENDEPALMA	1982	Detallado	Manití	118	50*	UNALM
Sourdat	1987	Exploratorio	Iquitos - Nauta	*	25*	UNALM
ONERN	1988	Detallado	El Dorado	25	12*	UNALM & Yurimaguas
ONERN	1991	Detallado	Ex Petroleros, Nvo. Horizon- te, El Paujil	86	31*	UNALM
Björklund	1992	Detallado	Nueva Espe- ranza	± 1	5	Uppsala
Paredes A. <i>et al.</i>	1993	Semi-detallado	Paisaje aluvial, ríos Amazonas y Itaya	*	77**	Yurimaguas
Quispe <i>et al.</i> ***	1995	Exploratorio	Cercanías de Iquitos	*	6	ISRIC/ UNALM
Este capítulo	1978	Exploratorio	Área de estudio	10000	9	ISRIC
Ruokolainen <i>et al.</i> en el presente libro ****	1998	Exploratorio	Área de estudio	10000	63	ISRIC/GTK/ MTT

\* Información exacta no está publicada/disponible

\*\* Se seleccionaron 23 secciones para ser incluidas en este capítulo; ver también el Capítulo 6.

\*\*\* Las muestras fueron divididas para ser analizadas por los laboratorios de suelos (ISRIC, UNALM)

\*\*\*\* Muestras provenientes de 63 observaciones "auger Eijkelpamp", ver el Capítulo 7.

## METODOLOGÍA

### Serie de datos y trabajo de campo

Las series de datos presentadas en este capítulo constituyen solamente observaciones de suelos con una ubicación exacta, las cuales fueron obtenidas a partir de tres fuentes de información (ver también Apéndice 5.3). Las observaciones referenciales más completas son los 15 perfiles de los principales tipos de suelos existentes en la zona de estudio. Estas observaciones fueron realizadas con fines de clasificación, correlación y de referencia. Seis de los 15 perfiles fueron descritos por Qustatistix

ispe *et al.* (1995) y los nueve restantes, por los autores del presente capítulo. La localización de estos últimos fueron seleccionadas a partir de la interpretación de las imágenes de satélite de la zona de estudio y en base a las excursiones de campo de carácter exploratorio realizadas en 1994 y 1996.

Los perfiles de suelos fueron descritos y muestreados de acuerdo a los estándares internacionales actuales, en **calicatas** de aproximadamente dos metros de profundidad. Los estratos más profundos fueron muestreados utilizando un equipo manual "*auger*" (muestreador holandés "*Eijelkamp*"), en ciertos casos estos llegaron hasta una profundidad máxima de 6 metros. Con fines educativos se tomaron columnas de suelos desde uno de los lados de la calicata **sin disturbación aparente**, de 1,5 metros de longitud, llamadas **monolitos** de suelos. Estas serán exhibidas – después de su preparación y documentación – en el Centro de Referencia e Información de Suelos de la Amazonía peruana (CRISAP), en Iquitos.

Se seleccionaron, además, 23 perfiles de suelos a partir del estudio llevado a cabo en las márgenes de los ríos Amazonas e Itaya (Paredes *et al.* 1993). Finalmente, se consultaron 63 observaciones de suelos realizadas con el equipo manual "*auger*", con fines de correlación con la vegetación (Capítulo 7). Estas observaciones incluyen algunas descripciones morfológicas de suelos entre la superficie y los dos a tres metros de profundidad y además, un muestreo a tres niveles diferentes.

La parte central de la unidad tierra firme carece prácticamente de observaciones de campo, debido a la dificultad para acceder a ella. Las observaciones de campo están limitadas básicamente a las áreas marginales a lo largo de los ríos y a lo largo de la carretera Iquitos - Nauta. Las coordenadas geográficas de localización de las observaciones de suelos, efectuadas durante el desarrollo del presente proyecto fueron obtenidas con un equipo GPS, cuya precisión es de aproximadamente cien metros. Las coordenadas de las observaciones de suelos anteriores, siempre que estuvieron disponibles, se obtuvieron a partir de los mapas publicados.

### Procedimientos para los análisis de laboratorio

Las características químicas, físicas y mineralógicas de muestras de perfiles de suelos de referencia y algunas de las observaciones realizadas con el equipo "*auger*" fueron determinadas en el laboratorio de ISRIC, utilizando procedimientos analíticos estandarizados con garantía de calidad (Van Reeuwijk 1993). Las claves de características de suelos, frecuentemente utilizadas en la evaluación del uso de la tierra con fines agrícolas y en la investigación de correlaciones entre el suelo y la vegetación, fueron seleccionadas de la base de datos para su presentación en mapas bajo la forma de "valores simples" y en los análisis estadísticos. Para una información detallada sobre los procedimientos de laboratorio consulte el Apéndice 5.3.

### Procedimientos para la base de datos y los análisis estadísticos

La información de los nuevos perfiles de referencia y de aquellos seleccionados del estudio de suelos aluviales (Paredes *et al.* 1993) fue almacenada en el sistema de manejo de base de datos relacional ISIS (ver Apéndice 5.3). En este capítulo, la ma-

yoría de los resultados analíticos representan un espesor estándar de la capa superior del suelo y del subsuelo. Se ha procedido de esta manera a fin de hacer posible la comparación entre los perfiles de suelos. Cuando no se da un rango específico de variación de profundidad, la capa superior del suelo está referida a una profundidad comprendida entre 0 y 20 cm, y en el caso del subsuelo, entre 70 y 100 cm. Estos límites fueron escogidos arbitrariamente; la capa superior del suelo por contener la máxima de concentración de raíces, y el subsuelo por representar la profundidad donde termina el crecimiento de las raíces de la mayoría de los cultivos anuales. En casi todos los casos, los valores calculados de las características de los suelos entre 20 y 70 cm de profundidad son intermedios. En los pocos perfiles muestreados a mayor profundidad los valores promedios de las características fueron establecidos a la profundidad comprendida entre 200 y 300 cm. La caracterización del subsuelo a mayor profundidad es importante, particularmente en aquellos casos donde los árboles desarrollan sus raíces a ésta o a una mayor profundidad. La información del subsuelo también contribuye al entendimiento del origen geológico del material parental del suelo.

Se realizaron análisis estadísticos con el programa Statistix. Los análisis de correlación multivariable se realizaron por el método de interpolación no-paramétrica (Keyzer & Sonneveld 1997). La información analítica de las muestras de suelo obtenidas con el muestreador "*auger*" se encuentra disponible en formato de hoja de cálculo. Estos resultados no pudieron ser comparados en forma directa con aquellos de los valores estándar correspondientes a la capa superior del suelo y del subsuelo, debido a que las muestras fueron tomadas a profundidades variables. Sin embargo, los parámetros estadísticos, tales como: promedios y rangos de las características analíticas de estas muestras, fueron utilizados para incrementar la información obtenida a partir del número restringido de perfiles de suelos de referencia.

### Procedimientos para la evaluación de la calidad de las tierras

A fin de resaltar las mayores limitantes edáficas, se efectuó una evaluación cualitativa de 10 cualidades de tierra, basada en el sistema de clasificación para la evaluación de tierras de la FAO (FAO 1976, 1990). La evaluación de la calidad de la tierra se basa generalmente en dos o más características simples de la tierra. Los valores críticos y las escasas interpretativas para las características simples de los suelos se adaptaron a partir de varias publicaciones (Landon 1991). La evaluación fue realizada para un cultivo "estándar", es decir un cultivo anual con enraizamiento profundo, asumiendo una tecnología de bajos insumos. Cada cualidad de la tierra fue evaluada con escalas interpretativas de cinco clases indicando el grado de limitación de la cualidad evaluada.

La evaluación de las cualidades de la tierra se llevó a cabo en un rango específico de profundidad. Así, las características de la capa superior del suelo se evaluaron en el primer horizonte del suelo; las características relacionadas con el estado de nutrientes, en el rango de 0 a 50 cm; y las otras características, en el rango de 0 a 120 cm. La cualidad de la tierra "riesgo de erosión" se evaluó a través del grado de erodibilidad del suelo. Los factores climáticos no fueron considerados.



## **Procedimientos de SIG**

Se prepararon mapas con ARC/INFO (versión 3.4.2) y ArcView (versión 2.1). A partir de una imagen de satélite corregida (LANDSAT TM, imagen número 006/063 del 05.08.1993, ver Anexo de este libro; véase también Capítulo 11) se obtuvo un mapa topográfico base. El mapa de ubicación de las observaciones de suelos incluye los límites de las unidades llanura aluvial y tierra firme. Se presenta una serie de mapas temáticos mostrando las características analíticas de los suelos clasificados, los que más adelante son referidos como mapas de "valores simples" de variables claves de suelos a tres profundidades estándar.

# **DISTRIBUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS**

## **FISIOGRAFÍA Y SUELOS**

Las unidades llanura aluvial y tierra firme incluyen varios tipos de suelos. La distancia a la cual un suelo cambia a otro puede variar desde unos pocos metros hasta cientos de metros. La escala de los mapas mostrando la distribución geográfica de los suelos depende de la complejidad del patrón del suelo y de la densidad de las observaciones de campo.

Todos los estudios de suelos tienen como fin presentar observaciones de suelos en forma lógica. Los suelos pueden ser agrupados en base a diferentes criterios, por ejemplo: formación de suelo, incluyendo forma de tierra y material parental del suelo; composición física, química y mineralógica del suelo; o rendimiento agrofísico. Una división mayor del paisaje de la zona de estudio, es decir, las unidades llanura aluvial y tierra firme, incluyen una combinación de estos métodos.

### **ESCALA Y DISTRIBUCIÓN DE SUELOS**

El mayor detalle o la escala más grande para observar la distribución de suelos es la toposecuencia del suelo o "catena" del suelo, la cual generalmente incluye el perfil longitudinal de una colina y de un valle. Se precisa de una escala muy detallada para mostrar en un mapa tales secuencias de suelos, por ejemplo alrededor de 1 : 2500. Un estudio detallado de suelos generalmente se presenta a una escala aproximada de 1 : 25 000. A esta escala los tipos individuales de suelos pueden ser cartografiados; en el caso de unidades más complejas, el mapa muestra solamente asociaciones de los tipos de suelos. Los mapas de estudios de suelos a nivel de reconocimiento se presentan a una escala aproximada de 1 : 250 000. A esta escala, generalmente no se muestran los tipos individuales de suelos; y por regla general, las unidades de cartografiado son las asociaciones de suelos. La densidad de observación y la escala de los estudios semi-detallados se ubican a un nivel intermedio entre los estudios ya explicados. Un estudio de exploración con una escala aproximada de 1 : 250 000 tiene un número muy bajo de chequeos de campo.

## **Suelos de la llanura aluvial**

La unidad llanura aluvial incluye suelos desarrollados en depósitos recientes de la llanura aluvial del río Amazonas y de sus tributarios, tales como los ríos Itaya, Manití, Nanay y Tamshiyacu. Por definición, esta unidad es inundada anualmente y una parte de los sólidos transportados por las aguas de inundación de estos ríos es depositada en la superficie terrestre (paisaje agradacional). Dependiendo del lugar de origen del río, tales sedimentos fluviales contienen generalmente minerales meteorizables frescos. Por esta razón estos suelos son considerados como suelos "jóvenes", pues, todavía no han sufrido una lixiviación importante y consecuentemente aún contienen nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

Los suelos de la llanura aluvial están sujetos a una saturación completa de agua durante una parte del año. Después del retroceso del agua de inundación, los suelos pueden quedar bien, imperfectamente o pobremente drenados, dependiendo del nivel del lugar y la topografía del terreno, de la distancia al río y de la permeabilidad del suelo. Los suelos bien drenados se encuentran generalmente en las partes relativamente más elevadas de la llanura de inundación, tales como las terrazas fluviales más bajas, ocasionalmente sujetas a inundaciones, y los depósitos de los diques. Los suelos pobremente drenados están situados en las partes bajas y más planas de la llanura de inundación, frecuentemente a cierta distancia del río ("aguajales", "bajiales", "cochas" y "tahuampas"). Aunque esta unidad incluye áreas extensas de suelos pobremente drenados, es importante resaltar que éstos no son exclusivos en esta unidad, pues, tales suelos también pueden ser observados en la unidad de tierra firme. El Capítulo 6, trata en mayor amplitud esta unidad de suelos. Sin embargo, dada su importancia como unidad de grandes contrastes, se incluyen, aquí, algunas observaciones acerca de las propiedades edáficas dominantes de esta unidad.

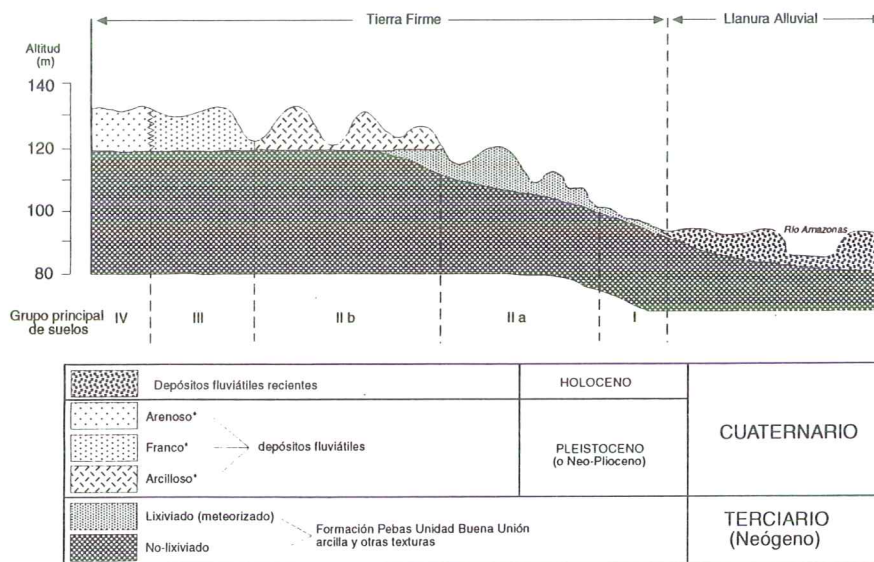
## **Suelos de tierra firme**

Por definición, la unidad de tierra firme comprende terrenos no inundables por las aguas de los ríos. Los suelos de esta unidad se han desarrollado a partir de depósitos aluviales más antiguos que aquellos de la llanura aluvial y actualmente se encuentran a decenas de metros sobre el nivel de la llanura aluvial. La unidad de tierra firme incluye sedimentos depositados durante el Terciario y el Cuaternario (ver el Capítulo 4). Después del levantamiento del terreno (dado su contexto geoestructural a nivel regional), estos sedimentos estuvieron sujetos a varias fases de disección por el río Amazonas y sus tributarios (geoformas denudacionales).

El tipo de suelo formado a partir de un material parental específico depende de las propiedades de los sedimentos originales, de los procesos edáficos que se producen en el terreno y del tiempo durante el cual estos procesos actúan (ver el Capítulo 12). Sin embargo, aún se desconoce el tiempo requerido para que las formaciones geológicas se conviertan en superficies aptas para la formación de suelos. Generalmente, el estado de meteorización del material parental original del suelo puede deducirse a partir del grado de la lixiviación de este. La mayor parte de los sedimentos de la unidad de tierra firme estuvieron sujetos a un régimen de lixivia-

ción por un período largo, razón por la que los suelos resultantes se encuentran fuertemente carentes de bases. Se asume que las tierras marginales no-inundables situadas a lo largo de los ríos, que generalmente poseen fuerte gradiente de pendiente y topografía empinada, incluyen materiales edáficos "jóvenes", ligeramente lixiviados. Se considera que las tierras distantes de los ríos (caracterizadas por su alto poder incisivo) estarían constituidas de materiales parentales viejos fuertemente lixiviados. La confirmación de esta suposición requiere de más observaciones de suelos.

La Figura 5.1 constituye una representación espacial esquemática de los cinco grupos de suelos identificados en la unidad de tierra firme estudiada. Se precisa que la descripción y representación de estos grupos de suelos, al interior de la unidad, es una aproximación simplificada de lo que se constata en la realidad. Por lo general, los depósitos aluviales presentan patrones muy complejos de distribución geográfica horizontal y de estratificación vertical de texturas variadas, las cuales no pueden ser mostradas en la Figura 5.1. Los depósitos aluviales del Terciario, la Formación Pebas y la unidad Buena Unión, están cubiertos por depósitos fluviales de texturas variadas del Eo-Cuaternario. Tanto los sedimentos del Terciario como aquellos del Cuaternario presentan diferentes grados de lixiviación. Este hecho complica el reconocimiento del material geológico y del material parental del suelo.



\*) La clase textural dominante; no se observa la estratificación de los depósitos fluviales

Figura 5.1. Sección esquemática de localización de los principales grupos de suelos identificados en la unidad de tierra firme.



## MAPAS DE VALORES SIMPLES

### Generalidades

Desde el punto de vista agronómico y ecológico, las unidades llanura aluvial y tierra firme tienen características edáficas fuertemente contrastantes. En la Tabla 5.2 se presentan los valores promedios de las características analíticas claves de estas dos unidades, importantes para el análisis del uso de la tierra y la investigación ecológica. Las diferencias más grandes en las características edáficas entre estas dos grandes unidades son el contenido de limo, la suma de las bases intercambiables, la capacidad de intercambio catiónica efectiva (CICE) y el porcentaje de aluminio intercambiable. De acuerdo a este resumen muy generalizado, los suelos de la llanura aluvial de ríos con agua blanca tienen mayor contenido de nutrientes para las plantas, mayor capacidad para la retención de nutrientes y un nivel bajo de toxicidad de aluminio intercambiable. Los suelos de tierra firme son más ácidos y presentan una cantidad muy baja de nutrientes para las plantas, una capacidad baja para el almacenamiento/retención de nutrientes y un nivel muy alto de aluminio intercambiable, el cual es tóxico para la mayoría de los cultivos agrícolas.

No se preparó un mapa detallado de suelos debido a que grandes sectores de las unidades cartografiadas de tierra firme no tienen observaciones de campo, o éstas son restringidas a las áreas que bordean los márgenes a lo largo de ríos y caminos. La ubicación de las observaciones de suelos utilizadas en este capítulo se presenta en la Figura 5.2, la cual muestra también la extensión de la llanura aluvial y aquella de tierra firme.

**Tabla 5.2.** Valores promedios de las características edáficas claves de los suelos de tierra firme y suelos de la llanura aluvial.

UNIDAD DE TIERRA	Arena %	Limo %	Arcilla %	pH H <sub>2</sub> O	Carbón org. %	Sum. (a)	Acid. (b)	CICE (c)	SBe % (d)	SAI % (e)
<b>Tierra firme</b>	46	18	29	4,7	0,3	0,3	4,1	4,6	6	94
<b>Llanura aluvial</b>	12	55	26	5,1	0,3	12,0	2,5	17,6	78	24

(a) Sum.=suma de bases intercambiables ( $\text{cmol.kg}^{-1}$ ), (b) Acid.= acidez intercambiable ( $\text{cmol.kg}^{-1}$ ), (c) CICE (ingl. ECEC)=CIC efectiva ( $\text{cmol.kg}^{-1}$ ), (d) SBe=porcentaje de saturación de bases basado en la CICE, (e) SAI=porcentaje de saturación de aluminio intercambiable basado en la CICE.

A pesar que no es posible presentar un mapa de suelos detallado del área de estudio, el entendimiento de la distribución y correlación de las características de suelos puede ser ilustrada a través de mapas de valores simples, mostrando la variabilidad de las características analíticas, utilizando símbolos (Apéndice 5.2). Se utilizaron 4 o 5 clases cuantitativas para mostrar el rango de las características de los suelos de la zona de Iquitos. Cada característica es presentada para 3 profundidades estándar: 0-20 cm, 70-100 cm y de 200-300 cm. La explicación de las clases cuantitativas se presentan en las leyendas de los mapas, las que van del valor bajo al valor alto. A continuación se presenta un resumen breve de los resultados.

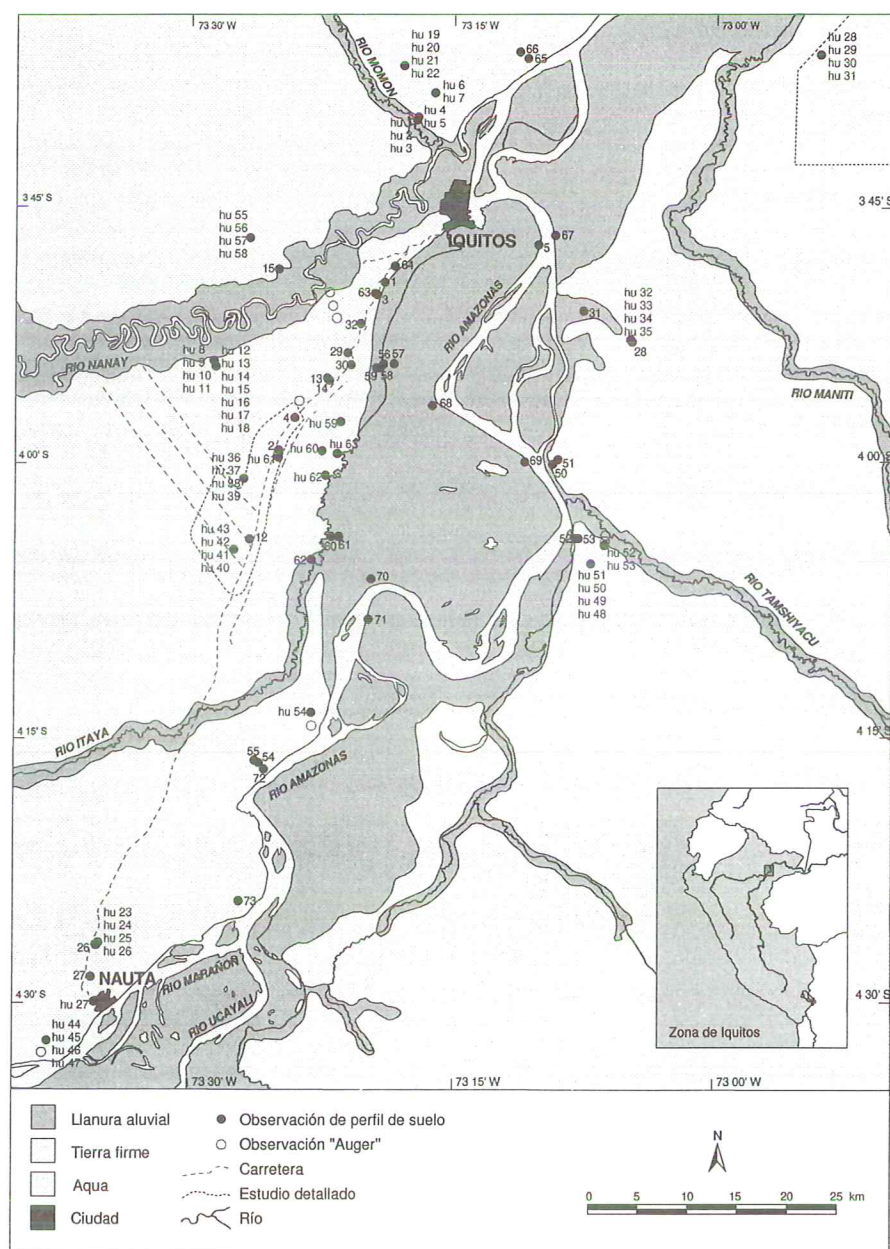


Figura 5.2. Mapa de ubicación de los suelos estudiados.

## **Tamaño de partículas**

En el mapa A del Apéndice 5.2, se presenta el contenido de arena de los suelos. En la llanura aluvial los suelos presentan un contenido bajo de arenas; en tierra firme los suelos pueden presentar un contenido muy alto o bajo de esta fracción. Esta relación proporciona una idea general de la granulometría en la zona de estudio. Se remarca que las playas de la llanura de inundación del río Amazonas incluyen también suelos arenosos. Una característica dominante de los suelos de la llanura aluvial es el alto contenido de limo (mapa B en Apéndice 5.2). Contrariamente, la mayoría de los suelos de la tierra firme tienen un contenido bajo de limo, lo cual concuerda con la información generalizada, en el sentido, que la mayoría de los suelos tropicales lixiviados presentan un contenido bajo de limo. Sin embargo, algunos suelos de la tierra firme presentan un contenido intermedio o más elevado de limo, dependiendo de la composición textural de los depósitos aluviales originales. Tal situación está asociada con la presencia de un depósito aluvial del Terciario, denominado Formación Pebas, predominantemente de textura arcillosa. Estos suelos están generalmente localizados en la zona de transición entre la tierra firme y la llanura aluvial, tal como se mencionó anteriormente. Un contenido medio a elevado de arcilla es común tanto en los suelos de la llanura aluvial, especialmente en aquellos del tramo bajo del río Itaya, como en aquellos de tierra firme (mapa C en Apéndice 5.2). Al sur de Iquitos, se observa, en forma restringida, suelos arenosos con un contenido muy bajo de arcilla.

## **Características químicas**

Los suelos de la llanura aluvial se caracterizan por una reacción ligeramente ácida o neutra (mapa D en Apéndice 5.2). Los suelos de tierra firme tienen una reacción extremadamente a fuertemente ácida, especialmente asociada con suelos arcillosos, pues, los suelos arenosos son menos ácidos. El mapa del subsuelo muestra una gran variación, desde fuertemente ácida a neutra o ligeramente alcalina. La reacción alcalina o neutra está restringida a un área pequeña, asociada con arcilla débilmente lixiviada presente en el subsuelo. El contenido de carbón orgánico es ampliamente utilizado como una medida de la cantidad de materia orgánica en el suelo. El contenido de carbón orgánico de la capa superior (mineral) tanto de suelos de la llanura aluvial como de aquellos de tierra firme es predominantemente bajo o medio (mapa E en Apéndice 5.2). Los contenidos altos de carbón orgánico son poco comunes y están asociados con arcilla débilmente lixiviada presente en suelos superficiales con subsuelo poco profundo. Como se mencionó anteriormente, los subsuelos tienen un contenido muy bajo a bajo de carbón orgánico.

La suma de bases intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio) es un indicador general del contenido de nutrientes disponibles para las plantas (mapa F en Apéndice 5.2). En los suelos de la llanura aluvial la suma de bases oscila entre bajo a alto, y está positivamente correlacionado con el contenido de limo. Los suelos de tierra firme tienen predominantemente un contenido muy bajo a bajo de bases intercambiables. Un nivel bajo a medio se encuentra en suelos arenosos o en suelos con un contenido relativamente alto de limo, mientras que un contenido medio a alto es raro y está asociado con arcilla débilmente lixiviada presente en el subsuelo.



En la zona de Iquitos la acidez intercambiable consiste predominantemente de aluminio intercambiable. La mayor parte de los suelos de la llanura aluvial tienen, por lo general, una acidez intercambiable fluctuante entre baja y media (mapa G en Apéndice 5.2); se precisa que los suelos de playa no presentan acidez intercambiable; en los suelos de tierra firme ésta varía de baja a muy alta. Los valores extremadamente altos están asociados con suelos arcillosos fuertemente lixiviados.

Generalmente, un indicador aceptado de la capacidad de los suelos para retener nutrientes para las plantas en las zonas tropicales, es la capacidad de intercambio catiónica efectiva (CICE), calculada a partir de la suma de bases intercambiables y la acidez intercambiable (mapa H en Apéndice 5.2). La CICE de los suelos de la llanura aluvial varía de baja a alta. En tierra firme, la mayoría de las capas superiores de los suelos, y especialmente de los subsuelos, tienen una CICE muy baja. Un valor medio a alto resulta de un contenido medio a alto de aluminio intercambiable, el mismo que está asociado con la presencia de arcilla lixiviada.

El porcentaje de saturación de bases (SB) basado en la CICE indica la disponibilidad de nutrientes para las plantas en los suelos. Un valor alto es indicativo de alta disponibilidad de bases; e inversamente, un valor bajo, indicativo de baja disponibilidad de bases (mapa I en Apéndice 5.2). El porcentaje de saturación de bases (SB) varía considerablemente, generalmente es más alto en las capas superiores de los suelos en comparación con aquel correspondiente a los subsuelos. Los suelos de la llanura aluvial tienen un porcentaje de saturación de bases (SB) más alto que los suelos de tierra firme, los mismos que presentan valores predominantemente bajos. Un porcentaje de saturación de bases (SB) más alto en los suelos de tierra firme está asociado, sea con suelos arenosos con una acidez intercambiable baja ó con una arcilla débilmente lixiviada, presente en subsuelos poco profundos.

Tal como se indicó anteriormente, la cantidad de acidez intercambiable se aproxima a la cantidad de aluminio intercambiable. Por lo tanto, la saturación de aluminio intercambiable, expresada como porcentaje de la CICE, mostrada en el mapa J en Apéndice 5.2, es casi complementaria a la SB. Los suelos de la llanura aluvial generalmente presentan un porcentaje bajo a medio de aluminio intercambiable. Un rasgo dominante de los suelos de tierra firme, con excepción de los suelos arenosos, es el porcentaje (muy) alto de aluminio intercambiable.

## **Mineralogía de arcillas**

La mineralogía de arcillas fue determinada para un número restringido de observaciones de suelos. En la Figura 5.3, se muestra la presencia de minerales de arcilla caolinita, gibsita y esmectita. La caolinita y gibsita son indicadoras de suelos "antiguos" fuertemente lixiviados (químicamente meteorizados) y la esmectita, indicadora de suelos "jóvenes" débilmente lixiviados (para una mayor información sobre minerales de arcilla, ver los Capítulos 4 y 12). Todos los suelos de la llanura aluvial presentan una cantidad sustancial de esmectita mezclada con caolinita. Generalmente, los suelos de tierra firme contienen predominantemente caolinita; y, en algunos suelos, ésta se encuentra mezclada con cantidades menores de gibsita, esmectita o esmectita-clorítica. Sólo unos cuantos suelos presentan una cantidad más

alta de esmectita, la cual es siempre asociada con la presencia de arcillas débilmente lixiviadas de la Formación Pebas.

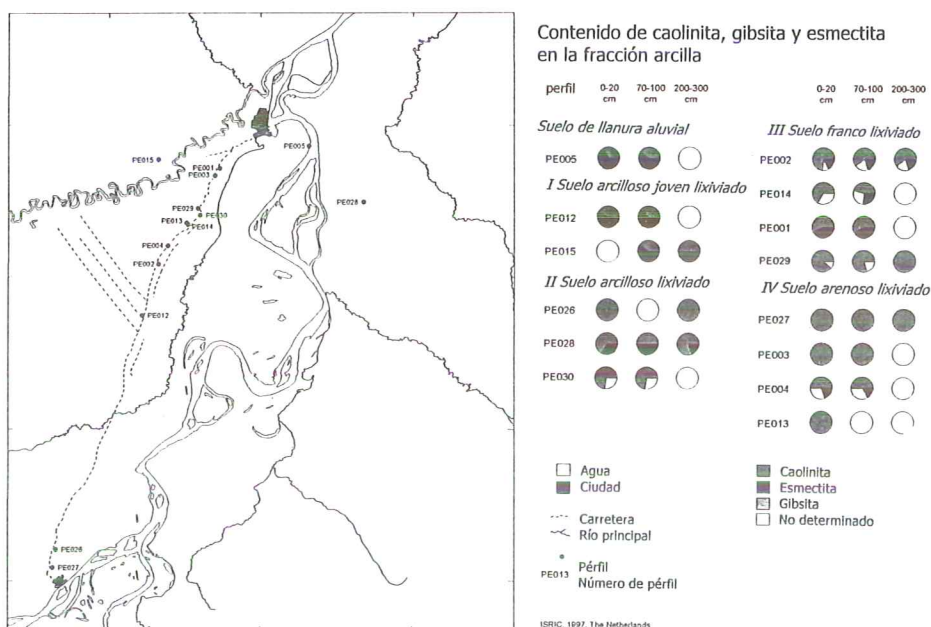


Figura 5.3. Mineralogía de arcillas en el ámbito de estudio (ver también Capítulo 4).

## RELACIONES FUNCIONALES

En la sección anterior se demostraron dos correlaciones bastante fuertes. En primer lugar, la correlación tipo de suelo dominante con la mayor subdivisión del paisaje, es decir, llanura aluvial y tierra firme. En segundo lugar, la influencia del material parental del suelo, especialmente de la arcilla débilmente lixiviada de la Formación Pebas, la cual determina varias características del suelo, tales como: bajo contenido de arena, alto contenido de limo, alto contenido de carbón orgánico, alta suma de bases, alto contenido de aluminio intercambiable y alta capacidad de intercambio catiónica efectiva.

En esta sección se examinan estadísticamente otras relaciones funcionales entre las características edáficas. Se hace hincapié que las expresiones referentes a los suelos aluviales otorgan una visión bastante generalizada, por estar basados en un número restringido de observaciones. En el Capítulo 6 se suministra mayor información acerca de las relaciones funcionales de los parámetros edáficos de la llanura aluvial de los ríos Amazonas e Itaya.

## Limo y suma de bases intercambiables

En las zonas tropicales, se asume, frecuentemente, que el contenido de limo es un indicador del grado de lixiviación del suelo. Así, un contenido bajo en limo se asocia con suelos "viejos" fuertemente lixiviados de sus nutrientes para las plantas, mientras que un contenido alto, es indicativo de un suelo "joven" ligeramente lixiviado. Esta asunción es la razón de la relación limo/arcilla usada como uno de los criterios de diagnóstico para el reconocimiento de Ferralsoles, es decir, suelos fuertemente lixiviados según el sistema de clasificación de suelos de la FAO (FAO 1990). En la Figura 5.4A se presenta el esquema de la relación contenido de limo con suma de bases intercambiables de los suelos de la zona de estudio. En este diagrama se distingue dos grupos de observaciones de suelos.

- Primer grupo: observaciones con una suma de bases intercambiables más alta que  $2 \text{ cmol.kg}^{-1}$  correspondiendo mayormente a suelos de la llanura aluvial y en menor proporción a suelos de tierra firme; estos últimos siempre asociados con un subsuelo arcilloso, poco profundo y débilmente lixiviado. La mayoría de estas observaciones de suelos tienen un contenido alto de limo.
- Segundo grupo: todas las observaciones tienen una suma de bases intercambiables más baja que  $2 \text{ cmol.kg}^{-1}$ , correspondiendo exclusivamente a suelos de tierra firme, con un contenido de limo variable entre bajo y alto. Por lo tanto, se concluye que el contenido de limo no es un indicador confiable para estimar la suma de bases intercambiables o el grado de lixiviación de los suelos de la tierra firme. Este parámetro es un factor de discriminación importante para otras propiedades edáficas, como por ejemplo: la sensibilidad de un suelo a la erosión.

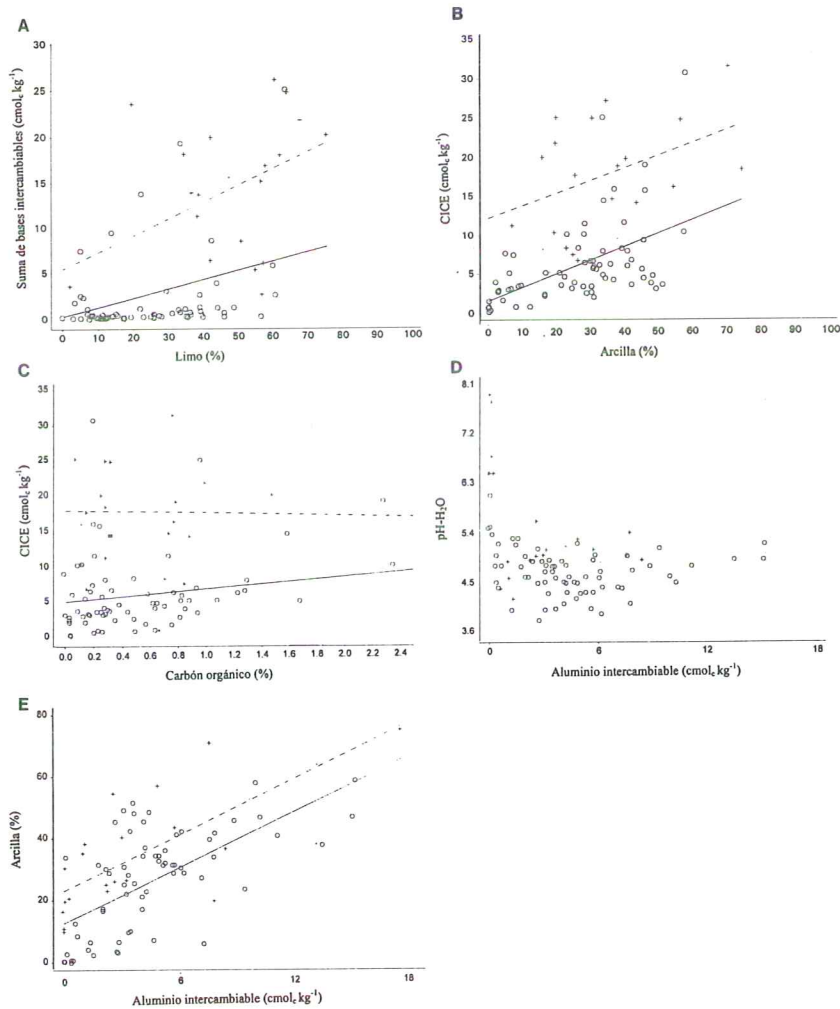
## CICE, materia orgánica y arcilla

La capacidad de intercambio catiónica efectiva (CICE) de un suelo, generalmente está determinada por la cantidad de materia orgánica y arcilla presente en el mismo. Un análisis de tendencias de esta relación funcional, incluyendo todas las observaciones de suelos, da una correlación positiva en el caso de arcilla y CICE, y nula o baja en el caso de carbón orgánico y CICE. La Figura 5.4B muestra el diagrama de las variables arcilla versus CICE en el cual los suelos de tierra firme (TF) y llanura aluvial (PA) se distinguen por el uso de símbolos diferentes. La correlación positiva de arcilla versus CICE es confirmada tanto en suelos de TF como en suelos de la PA, presentando en este último caso, un coeficiente de regresión bajo.

La Figura 5.4C muestra el diagrama de las variables: carbón orgánico versus CICE. En suelos de TF esta correlación es muy débil, mientras que en suelos de la PA, esta es nula, generando en ambos casos, un coeficiente de correlación bajo. Se puede concluir que la CICE es determinada más fuertemente por el contenido de arcilla que por el contenido de materia orgánica del suelo. Esto significa que la materia orgánica humificada debería ser considerada como algo inerte desde el punto de vista de su contribución en la CICE. Estos resultados contrastan fuerte-



mente con la teoría general. El razón posible de la gran dispersión de las observaciones, responsable de los coeficientes de regresión bajos, se deberían tanto al contenido algo bajo de carbón orgánico en la mayoría de suelos, como a la heterogeneidad de la base de datos. Esta última se refiere a la gran variedad de diferentes tipos de suelos estudiados.



**Figura 5.4.** Relaciones entre características edáficas en los suelos estudiados. Símbolos: o=muestras de tierra firme, +=muestras de llanura aluvial. Para explicaciones de las Figuras A a E, consulte el texto.

### Aluminio intercambiable, arcilla y pH

El diagrama de dispersión de aluminio intercambiable y pH-H<sub>2</sub>O, presentado en la Figura 5.4D, indica al pH 5,5 como un valor crítico. Prácticamente no existe aluminio intercambiable por encima de una reacción de suelo de pH 5,5. Debajo de este valor, se observa un rango amplio en la dispersión de puntos; sin embargo, este grupo de puntos no muestran una tendencia determinada. Asimismo, no se observa una correlación entre el aluminio intercambiable y el contenido de carbón orgánico. La Figura 5.4E muestra el diagrama de dispersión de la relación aluminio intercambiable y arcilla. En este caso, se observa una correlación positiva entre ambas variables, tanto en suelos de tierra firme como en suelos de la llanura aluvial, aunque con poca certeza debido a la gran dispersión.

### GRUPOS DE SUELOS DE TIERRA FIRME

En base a la distribución geográfica de las características de suelos (ver mapas presentados en el Apéndice 5.2) y a las correlaciones de suelos ya discutidas, se proponen cinco grupos de suelos para la unidad de tierra firme. En la Figura 5.1 se mostró estos grupos de suelos en una sección transversal esquematizada, muy simplificada del paisaje. Los criterios para la agrupación de suelos, fueron los siguientes:

- Textura dominante.
- Grado de lixiviación del material parental del suelo, reflejado por la suma de bases intercambiables, aluminio intercambiable, CICE y mineralogía de arcillas.
- Otras características analíticas claves del suelo, tal como aquellas presentadas en la sección Fisiografía y suelos.
- Condición de drenaje interno y externo del lugar del suelo.
- Posición del lugar del suelo, la cual se asocia frecuentemente con la condición de drenaje. Los suelos situados en la pendiente superior o media de una colina ("interfluvio") pueden diferir de aquellos de la pendiente inferior, y generalmente son diferentes de los suelos del fondo de valles y depresiones.
- Para describir estos grupos de suelos se utilizaron perfiles de suelos de referencia. La figura 5.5 muestra la suma de las bases y el contenido de aluminio intercambiables a fin de visualizar el grado de lixiviación de la capa superior del suelo y del subsuelo de dos perfiles de referencia.

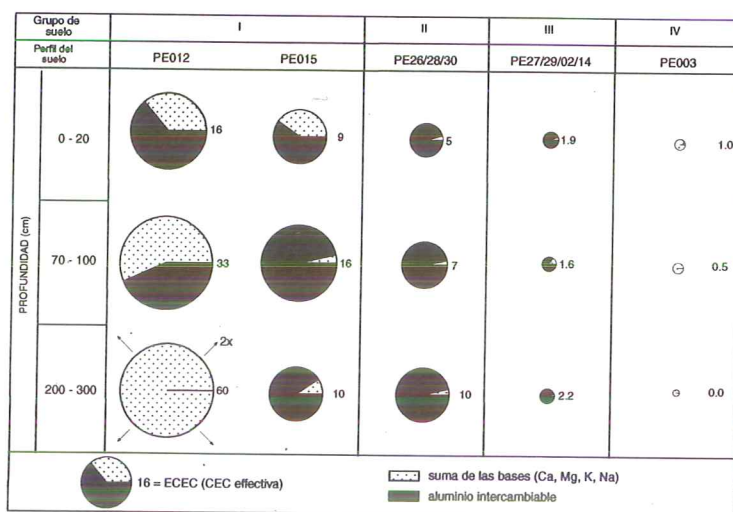


Figura 5.5. CIC efectiva, suma de bases y aluminio intercambiables de suelos de tierra firme.

### Grupo I: Suelos arcillosos "jóvenes", esmectíticos ligeramente a moderadamente lixiviados

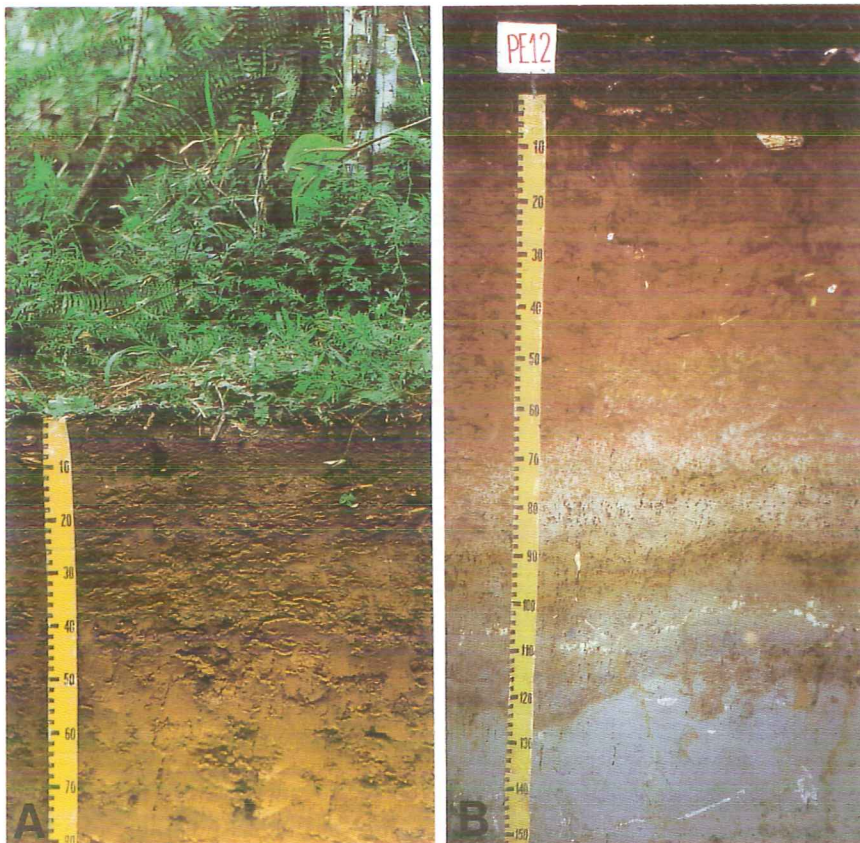
Clasificación (FAO):	<i>Cambisoles Gléyicos y Alisoles Gléyicos.</i>
Unidad de paisaje:	<i>Superficies denudacionales jóvenes.</i>
Material parental:	<i>Formaciones del Terciario: Formación Pebas y Unidad Buena Unión</i>
Drenaje:	<i>Capa superior del suelo muy bien drenada y subsuelo más profundo imperfecto a pobremente drenado.</i>
Perfiles de referencia:	<i>PE012 Ex Petroleros y PE015 Tarapoto.</i>
Fotografía:	<i>Figura 5.6.</i>

Suelos con un subsuelo arcilloso no, o ligeramente, lixiviado ocurren en paisajes donde la erosión ha expuesto materiales parentales no alterados con minerales meteorizables, tales como los contenidos en la Formación Pebas y la Unidad Buena Unión. Como se explicó previamente, estas áreas se encuentran generalmente en las zonas más bajas o en las zonas transicionales entre la tierra firme y la llanura aluvial del río Amazonas y sus tributarios: Itaya, Nanay y Tamshiyacu (ver suelos grupo I en Figura 5.1).

En el trabajo de campo, generalmente se distinguen dos ó tres capas distintas de suelos en el primer y segundo metro superior. Una capa superior de suelo de coloración pardo oscura, con un contenido medio a alto de materia orgánica es seguida por un subsuelo de coloración pardo a rojo amarillento sobreyaciendo a un subsuelo arcilloso (limoso) gris moteado. La capa superior del suelo y el subsuelo presentan grandes diferencias en las propiedades hídricas. La capa superior del suelo (y el subsuelo más superficial) es porosa y permeable al agua. El subsuelo más pro-



fundo de color grisáceo, revela saturación de agua durante un período prolongado, debido al estancamiento del agua sobre el subsuelo gris de baja permeabilidad. Con frecuencia, el suelo es moteado, lo cual indica alternancia de condiciones calificadas como bien drenadas (oxidado) y pobremente drenadas (reducido).



**Figura 5.6.** Estructura general de suelos del grupo I: Suelos arcillosos “jóvenes”, esmectíticos ligeramente a moderadamente lixiviados. A. Perfil del suelo PE015. (Foto: ISRIC/Kauffman) B. Perfil del suelo PE012. (Foto: Paredes Arce)

El perfil PE012 sirve como un ejemplo de un suelo ligeramente lixiviado y el PE015 como ejemplo de un suelo moderadamente lixiviado (Figura 5.5). El subsuelo más profundo del PE012, con un contenido alto de arcilla, no es lixiviado y representa el material parental original del suelo consistiendo predominantemente de arcilla esmectítica, la cual se dilata y contrae como resultado del mojado y secado, respectivamente. Este material tiene pH alto, CICE y saturación de bases altas y no tiene aluminio intercambiable. La suma de bases varía entre moderado en la capa superior del suelo a alto en el subsuelo grisáceo. La capacidad de retención de nutrientes de la arcilla es alta a través de todo el suelo, lo cual correlaciona con la pre-

sencia dominante de esmectita. La capa superior del suelo PE012 y todos los horizontes del PE015 presentan una arcilla muy ácida y un contenido de aluminio intercambiable muy alto, los cuales son tóxicos para la mayoría de los cultivos agrícolas.

Se constata que la doble característica del suelo es causada por el proceso de lixiviación. El material parental original del suelo, con un contenido alto de esmectita y una saturación de bases alta, ha sido lixiviado hasta tal grado que la parte superior del suelo ha perdido gran parte de sus bases, deviniendo en una capa muy ácida. El subsuelo más profundo, debido a su baja permeabilidad, no ha sido lixiviado y todavía contiene una alta saturación de bases. El estado de lixiviación y meteorización de la parte superior ácida del suelo todavía no ha alcanzado una alteración completa de arcilla esmectítica a arcilla caolinítica y gibsítica.

### Grupo II: Suelos arcillosos "viejos", caoliníticos fuertemente lixiviados

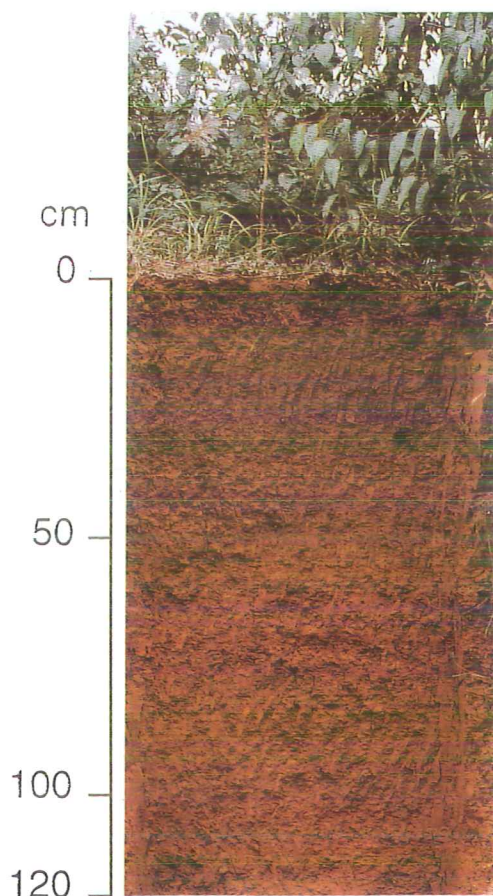
Clasificación (FAO):	<i>Ferralsoles, Acrisoles.</i>
Unidad de paisaje:	<i>Superficies denudacionales "viejas" onduladas a colinosas.</i>
Material parental:	<i>Depósitos del Terciario y Cuaternario temprano.</i>
Drenaje:	<i>Bien a imperfectamente drenado.</i>
Perfiles de referencia:	<i>PE028, PE030 y PE026.</i>
Fotografía:	<i>Figura 5.7.</i>

Los suelos arcillosos "viejos" fuertemente lixiviados son muy extensos en la unidad de tierra firme. Las tierras tienen un grado de disectación alto lo cual es mostrado por su topografía variable entre ondulada a colinosa. Se asume que los materiales parentales del suelo incluyen tanto a formaciones del Terciario (ver grupo de suelos IIa en la Figura 5.1) como a depósitos sobreyacentes del Cuaternario temprano (ver grupo de suelos IIb en la misma figura). En ambas situaciones, los procesos denudacionales actúan lentamente y los materiales parentales del suelo están fuertemente lixiviados hasta una gran profundidad. Un material parental no-meteorizado puede ser encontrado solamente a gran profundidad (frecuentemente a más de cinco metros); en las pendientes inferiores de una colina y en los fondos de valles, este material puede presentarse más superficialmente. Esta última situación forma tipos de suelos de características similares de aquellos que integran los grupos I y V. Los suelos del grupo II están restringidos a suelos fuertemente lixiviados, con material parental no-meteorizado a gran profundidad.

Los suelos del grupo II comprenden a suelos arcillosos muy profundos de color uniforme pardo fuerte o a suelos arcillosos de coloración variable entre rojo amarillento y rojo. La porosidad alta y estable de estos suelos determina que el agua de lluvia percolada drene libremente al subsuelo más profundo. El contenido de limo es bajo a medio. La arcilla dominante es la caolinita, la cual prácticamente, no es afectada por el humedecimiento y secado. Están presentes otros minerales de arcilla incluyendo cantidades menores de gibsita, clorita, vermiculita y/o mica-vermiculita. La presencia de los dos últimos es un indicativo de presencia de esmectita en el material parental original. El contenido de materia orgánica es medio a bajo en la capa superior del suelo. La lixiviación ha generado un suelo fuertemente ácido en toda su extensión, con un pH-H<sub>2</sub>O de aproximadamente 4,0 a 4,5. La suma de bases es bastante baja en toda su extensión, menos de 0,3 cmol.kg<sup>-1</sup> y la



capacidad de retención de nutrientes de la capa superior del suelo es igualmente baja, con una CICE de menos de  $6 \text{ cmol.kg}^{-1}$  (ver la Figura 5.5). Esto concuerda con la presencia dominante de arcilla tipo caolinita. El porcentaje de saturación de aluminio intercambiable es muy alto de, 90 a 100 %, sin embargo, en términos absolutos, el contenido de aluminio intercambiable es más bajo en comparación con aquel de los suelos del grupo I.



**Figura 5.7.** Estructura general de suelo del grupo II: Suelos arcillosos “viejos”, caolíníficos fuertemente lixiviados. (Foto: Paredes Arce)

Los materiales parentales originales de los suelos fueron sedimentos aluviales de texturas diferentes pero siempre con un contenido de arcilla considerable. Los sedimentos fluviales muestran generalmente una estratificación debido a las texturas diferentes de los mismos; en el primer y segundo metros superiores del suelo,



los procesos de bio-homogenización han disminuido tales contrastes, mientras que, en el subsuelo más profundo aún se mantiene la estratificación sedimentaria original. Frecuentemente se observa un incremento gradual de la arcilla en el metro superior del suelo, el cual se debe a la removilización de la arcilla tanto por la erosión selectiva como por la iluviación de la misma. Probablemente, los suelos con un contenido de limo relativamente alto (aproximadamente con más del 20 %) son más sensibles a la erosión.

Algunas de nuestras descripciones de suelos muestran subsuelos moteados más profundos. Esto significa que el movimiento vertical del exceso de agua de lluvia es impedido, generalmente, debido a la presencia de un estrato más profundo de permeabilidad más baja.

### Grupo III: Suelos francos fuertemente lixiviados

Clasificación (FAO):	<i>Ferralsoles, Acrisoles.</i>
Unidad de paisaje:	<i>Superficies denudacionales "viejas" onduladas.</i>
Material parental:	<i>Formaciones del Terciario y Cuaternario.</i>
Drenaje:	<i>Bien drenado.</i>
Perfiles de referencia:	<i>Número PE002, PE014, PE027 y PE029.</i>
Fotografía:	<i>Figura 5.8.</i>

Este grupo de suelos ocupa una posición intermedia entre el grupo II de suelos arcillosos y el grupo IV de suelos arenosos. Su separación de estos dos grupos es justificable desde el punto de vista agro-ecológico, sin embargo, existen muchas similitudes químicas entre los grupos II y III.

La mayoría de las observaciones de suelos incluidas en este grupo (suelos "viejos", francos, fuertemente lixiviados) están situadas al interior del área triangular formada por los Itaya y Nanay, al Sur de la ciudad de Iquitos, teniendo como eje central los primeros 25 km de la carretera Iquitos-Nauta. Pocas observaciones similares a las características de este grupo son disponibles en otros lugares de tierra firme de la zona de estudio. La topografía del terreno es ondulada. Se asume que todos los materiales parentales de los suelos son depósitos del Cuaternario (ver grupo de suelos III en la Figura 5.1). Los procesos denudacionales son de acción lenta y los materiales parentales de los suelos han sido lixiviados hasta grandes profundidades. No se observa material parental no-meteorizado, pero puede ocurrir a una profundidad mayor de tres metros.

Todas las observaciones de campo indican un suelo de color uniforme pardo fuerte, pardo amarillento o rojo amarillento a rojo, indicativo de condiciones de drenaje libre. El contenido de limo es generalmente bajo o, menos frecuentemente, medio. El contenido de arcilla tanto en la capa superior del suelo como en aquella del subsuelo fluctúa entre 10 y 35 % e incluye las clases texturales siguientes: arena franca, franco arenosa, franca y franco arcillo arenosa. La mineralogía de arcillas predominantemente consiste de caolinita; otros minerales de arcilla, incluyendo cantidades menores de gibsita, clorita, vermiculita y/o mica-vermiculita, también están presentes. La lixiviación del suelo ha generado un suelo ácido de baja fertilidad. El contenido de materia orgánica es bajo en la capa superior del suelo. La reacción del suelo es fuertemente o extremadamente ácida en todo el suelo con un pH-H<sub>2</sub>O en-

tre 4,0 y 4,9. La Figura 5.5 muestra un contenido de bases muy bajo en todo el suelo, menos de  $0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  y una capacidad de retención de nutrientes muy baja, con una CICE de menos de  $3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . El contenido de aluminio intercambiable es sustancialmente más bajo en comparación con aquel de los grupos I y II; sin embargo, el porcentaje de saturación de aluminio intercambiable permanece muy alto, entre 75 y 100 %.



Figura 5.8. Estructura general de suelos del grupo III: Suelos francos fuertemente lixiviados.  
A. Perfil del suelo PE002. B. Perfil del suelo PE014. (Fotos: ISRIC/Kauffman)

Los suelos en este grupo presentan también un incremento gradual y pequeño de arcillas con la profundidad - el cual, frecuentemente, es observado en el metro superior del suelo - resultado de la movilización de la arcilla de la capa superior del suelo tanto por la erosión diferencial o selectiva en la capa superior del suelo, como por la iluviación de la arcilla al subsuelo. Las observaciones de campo indican que los suelos con un contenido más alto de limo y/o con un contenido alto de arena fina son aparentemente más sensibles a la erosión.



#### Grupo IV: Arenas blancas fuertemente lixiviadas

Clasificación (FAO):	Arenosoles, Podsoles.
Unidad de paisaje:	Llanuras planas o ligeramente onduladas.
Material parental:	Unidad las arenitas de Iquitos.
Drenaje:	Excesivamente drenado o imperfecta a pobremente drenado:
Perfiles de referencia:	PE003 y PE013.
Fotografía:	Figura 5.9.

La distinción en el campo entre este grupo de suelos y los otros grupos es muy fácil, debido a que éste tiene un color grisáceo claro particularmente brillante y un contenido de arenas cuarzosas muy alto. Todas las observaciones de suelos de este grupo están ubicadas en el área triangular al sur de la ciudad de Iquitos, ninguna observación fue realizada en otro lugar de la unidad de tierra firme formando parte del presente estudio. Aunque las observaciones de campo son limitadas, este grupo parece estar correlacionada con las "manchas" más oscuras observadas sobre la imagen de satélite correspondiente a esta área triangular (ver el Capítulo 11). Por lo tanto, este grupo de suelos se presenta como una serie de pequeñas áreas aisladas al Sur de Iquitos, extendiéndose, cada vez, con menos frecuencia y en forma más aislada hacia el Sur Oeste, llegando hasta la zona de Jenaro Herrera y Yurimaguas. Sin embargo, se necesitan observaciones de campo adicionales para confirmar este patrón de distribución, así como también la posible asociación de estas "manchas" con una tabla de agua elevada.

Este grupo de suelos generalmente se presenta en topografía plana o ligeramente onduladas (ver Figura 5.1). Se asume que los materiales parentales de estos suelos incluyen la Unidad de arenitas de Iquitos (ver el Capítulo 4). Debido a su alta permeabilidad, los procesos de denudación son considerados prácticamente ausentes, excepto en posiciones cercanas a ríos incisivos. El material parental arenoso original se encuentra completamente lixiviado de sus bases y no quedan minerales meteorizables. En ciertos casos, a una profundidad mayor de los 7 m, estas arenas sobreyacen en sedimentos no-meteorizados del Terciario, tales como las arcillas de la Formación Pebas. El agua de drenaje de los ríos y quebradas del IV grupo de suelos presenta una coloración pardusca (ríos de aguas "negras"), debido a la percolación de coloides húmicos a través del suelo, al igual que el agua de los ríos y quebradas mismas (ver podzoles más adelante).

Las observaciones de campo indican una arena gris clara uniformemente muy profunda, indicativa de condiciones extremadamente drenadas. La arena está muy bien clasificada en toda su extensión y consiste predominantemente de arena fina con un diámetro de 0,1 a 0,5 mm. El contenido de limo es siempre bajo, menos del 15 % y frecuentemente menos del 10 %. El contenido de arcilla, por definición, es menos del 10 %, pero, en la mayoría de estos suelos, constituye menos del 5 %. Las arenas consisten de cuarzo en un 99 % la que permitiría su utilización como materia prima en la construcción y el uso industrial (ver Figura 2.2 en el Capítulo 2). La cantidad muy pequeña de arcilla consiste predominantemente de caolinita.

La lixiviación casi completa de las bases ha generado un suelo ácido de baja fertilidad. La materia orgánica está mayormente restringida a una capa gruesa y densa de materiales en descomposición, la misma que sobreyace al suelo mineral en forma abrupta. La parte inferior de esta capa está constituida por una red intensa



de raíces, "capa de raíces". A nuestro conocimiento, aún no existe una información analítica disponible de esta capa orgánica. El contenido de carbón orgánico en el suelo mineral es bastante bajo. La reacción del suelo mineral es fuerte- o ligeramente ácida en toda su extensión, con un  $\text{pH-H}_2\text{O}$  entre 4,7 y 5,7. La Figura 5.5 muestra una suma de bases muy baja en todo el suelo mineral, menos de  $0,3 \text{ cmol}_c\text{kg}^{-1}$ , y una capacidad de retención de nutrientes extremadamente baja, con una CICE menor a  $1 \text{ cmol}_c\text{kg}^{-1}$ . El contenido de aluminio intercambiable es nulo o muy bajo; por lo tanto, el porcentaje de saturación del aluminio intercambiable es también muy bajo.



Figura 5.9. Estructura general de suelos del grupo IV: Arenas blancas fuertemente lixiviadas. A. Perfil del suelo PE013, en bosque. B. Perfil del suelo en Peñanegra, demostrando la profunda capa homogénea (horizonte E) de arena cuarzosa. (Fotos: ISRIC/Kauffman)

Si el material parental consiste de arena muy pobre carente de nutrientes para las plantas y además el contenido de arcillas es muy bajo, entonces el proceso de podsolización será el proceso de formación de suelos dominante. Este proceso implica los subprocesos siguientes: (a) la dispersión de la materia orgánica bajo la forma de coloides húmicos en la capa superior del suelo; (b) percolación de estos coloides y precipitación de los mismos en el subsuelo; y (c) formación de un horizonte pardusco muy oscuro tendiendo a negro, es decir, formación del horizonte Bespódico. Generalmente, en zonas templadas, los suelos podzólicos presentan el horizonte Bespódico en el metro superior del suelo, mientras que, en zonas tropicales húmedas, como la zona de Iquitos, éste se presenta a mayor profundidad, frecuentemente, a varios metros de la superficie del suelo y generalmente es grueso. Debido a que las observaciones de suelos son restringidas a una profundidad aproximada de 1,5 a 2 m, el horizonte espódico no es observado y el suelo es clasificado como Arenosol. Cuando el horizonte Bespódico es observado en la parte superior del suelo, éste es clasificado como Podzol.

Las observaciones en las canteras, ubicadas al Sur de la ciudad de Iquitos, muestran claramente depósitos homogéneos de arena cuarzosa. Estos depósitos tienen un grosor de varios metros pudiendo alcanzar a diez metros o más y una extensión geográfica mínima de varios cientos de metros. El límite entre las arenas blancas y las áreas aledañas arenosas o francas pardo rojizas o rojo amarillentas, es abrupto y con patrones irregulares. Existen varias opiniones acerca del origen de estas arenas (Klinge 1986, Capítulos 4 y 12). El tamaño de partícula fina en todo el perfil del suelo es sorprendentemente uniforme, con un 90 % de las arenas en el rango de 100 a 500 micrones. Estos depósitos sugieren un origen aluvial bien como aquel de las mega-rizaduras en las llanuras de mareas, o eólico como aquel de las dunas. Estas arenas homogéneas, fueron depositadas sobre las arcillas marino-lacustrinas de la Formación Pebas. Una lixiviación intensa, durante un período muy largo, de las arenas originales, presumiblemente constituidas por otros minerales (feldespatos, micas), a parte del cuarzo, habría generado las arenas cuarzosas puras. Esto indica que las arenas deben de tener una edad geológica comparable o ligeramente menor que las arcillas de la Formación Pebas. Si las arenas son de menor edad, entonces, la hipótesis de las dunas sería cuestionada, pues, las dunas (fluviales) no se forman fácilmente en un ambiente de bosque húmedo tropical.

Por otra parte, la uniformidad del tamaño de partículas de estos depósitos sobre una gran extensión horizontal y vertical no puede ser explicada fácilmente por la deposición fluvial. Generalmente, los depósitos fluviales presentan cierta estratificación y los depósitos verticales homogéneos de barras meándricas no son homogéneos lateralmente, porque éstos incluyen otras clases texturales a distancias horizontales cortas. Una explicación a estos depósitos de arena uniformes podrían ser la formación de mega-rizaduras en las llanuras de inundación de los ríos principales (ver Reineck & Singh 1975). En este caso, se asume también que el depósito de arena original incluyó minerales meteorizables del cual todas las bases habrían sido removidas por el intenso proceso de lixiviación, el mismo que se habría intensificado tan pronto como se inició el proceso de podzolización, el cual dio como resultado la remoción completa de bases y metales de las arenas, quedando al final sólo los minerales de cuarzo. Cuando el material parental presenta un contenido de arcilla (y minerales meteorizables) algo más elevado, no se produce la podsolización;



otros procesos de formación de suelos, tales como la lixiviación, la rubefacción y la ferralitización, generarían suelos de textura más ligera como aquellos del grupo II.

### Grupo V - Suelos pobremente drenados

Clasificación (FAO):	Gleysoles y subgrupos gléyicos de los Acrisoles, Alisoles, Arenosoles,
	Cambisoles e Histosoles.
Unidad de paisaje:	Valles y depresiones.
Material parental:	Varios.
Drenaje:	Pobremente drenados.
Perfil de referencia:	Sin observaciones.

Los suelos pobremente drenados ocupan un área importante en la unidad tierra firme. Generalmente, estos suelos están restringidos a las posiciones más bajas del paisaje, por ejemplo, pendiente inferior de colinas, fondos de valles y depresiones. No han sido estudiados perfiles de referencia correspondientes a este tipo de suelos. La información presentada aquí se basa en un número limitado de observaciones de campo e información detallada de perfiles de suelos presentada en los reportes de estudios de suelos de la ONERN (1976, 1991) y MA/ORDELORETO (1981). El rasgo común dominante de tales suelos es la saturación con agua. Predominantemente, los suelos minerales presentan un color gris, sin o con moteaduras, lo cual indica condiciones pobremente drenadas en el suelo durante todo el año o durante una parte substancial del mismo. La textura de los suelos varía desde arena hasta arcilla, lo cual está generalmente determinado, por la textura de los suelos de las áreas aledañas y/o por la textura del material subyacente formando parte de la discontinuidad litológica. Esta última situación ocurre, frecuentemente, en las áreas donde la disección del paisaje fue significativa; siendo esta la explicación al porqué, frecuentemente, la textura de las áreas depresionadas varía en relación de aquella de los suelos de las colinas aledañas. En las áreas con una saturación de agua permanente, donde la materia orgánica se acumula bajo condiciones anaeróbicas, pueden formarse suelos orgánicos (Histosoles).

## CLASIFICACIÓN Y CORRELACIÓN DE LOS SUELOS

Con el propósito de determinar correlación a nivel nacional e internacional, los suelos fueron clasificados de acuerdo a la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff 1992, 1994), en razón a que este sistema es frecuentemente utilizado en los países de América Latina. Además, los suelos fueron clasificados de acuerdo a la leyenda revisada del Mapa de Suelos del Mundo (FAO 1988), y de acuerdo a la leyenda original del Mapa de Suelos del Mundo (FAO-UNESCO 1974). La clasificación más antigua fue incluida debido a que muchos de los mapas publicados antes de 1988 contienen dicha clasificación más antigua. Los criterios de diagnósticos dominantes para la clasificación de los suelos de tierra firme, de acuerdo a estos sistemas, fueron los siguientes:

- I Suelos con un incremento de arcilla con la profundidad, satisfaciendo los requisitos del horizonte B Argico, Argílico o Kándico.



II Suelos fuertemente lixiviados con propiedades óxicas, teniendo un horizonte B Ferrálico u horizonte Oxico.

III Suelos no, o ligeramente, lixiviados, con un horizonte B Cámbico.

La Tabla 5.3 resume los resultados de la clasificación de los perfiles seleccionados, representativos de los diferentes grupos de suelos de la unidad de tierra firme.

Generalmente, los suelos de tierra firme, en el metro superior presentan un incremento gradual de la arcilla con la profundidad. Algunas de las observaciones de suelos en los grupos I y II presentan un incremento prominente de arcilla, satisfaciendo los requisitos del horizonte B Argico (FAO), horizonte Argílico u horizonte Kándico (Taxonomía de Suelos), estos fueron clasificados como Acrisoles, Alisoles o Paleudults. Los Acrisoles son suelos ácidos con una CICE baja, contrariamente, los Alisoles presentan una CICE alta. Una parte dominante de las observaciones de suelos del grupo III y parte del grupo II presentan un incremento de arcilla que no reúne los requisitos de ambos sistemas (FAO y Taxonomía de Suelos), ya sea porque la proporción de incremento de arcilla es insuficiente, o porque este incremento está restringido a una capa superficial relativamente delgada. En este grupo, los materiales "óxicos", fuertemente lixiviados, cumplen los requisitos del horizonte B Ferrálico u horizonte Oxico y los suelos fueron clasificados como Ferralsoles u Oxisoles (Haploperox). Algunas de las observaciones de suelos no satisfacen los requisitos de incremento de arcilla o de las propiedades óxicas. Debido a esta situación, los suelos del grupo I con una CICE-arcilla más alta que  $12 \text{ cmol.kg}^{-1}$  fueron clasificados como Cambisoles o Dystropepts; y, algunos suelos del grupo III que no cumplían con el requisito de grosor o textura del horizonte B Ferrálico, fueron clasificados como Dystropepts o Cambisoles. Los suelos del grupo IV fueron clasificados como Arenosoles o Cuarzipsamments, cuando el horizonte B Espódico no estuvo presente, o cuando no se le observó en inspecciones poco profundas de suelos. Los suelos con un horizonte B Espódico en los 1,5 metros superiores fueron clasificados como Podsoles o Espodosoles.

Tabla 5.3. Clasificación de los suelos de tierra firme.

GRUPO DE SUELOS	I		II			III				IV
Perfiles de suelos	PE012	PE013	PE026	PE028	PE030	PE029	PE027	PE002	PE014	PE003
Textura	Arcilla					Franco arcillo arenosa	←	→	Arena franca o arenosa	Arena
Condición de drenaje	Imperfectamente drenado	Bien a imperfectamente drenado	Moderadamente bien drenado	Bien drenado						Bien drenado
Clasificación *	Dystropept Vertic/ Aquic.	Paleudult Vertic/ Aquic	Paleudult Vertic/ Aquic	Haploperox Typico				Haploperox Typic u Dystropept Oxíc		Cuarzipsamment / Haplorthod
Clasificación **	Cambisol Gléyico/ dystrico	Alisol Gléyico	Acrisol Háplico	Ferralsol Xánthico o Háplico				Cambisol Ferrálico		Espodosol/ Arenoso / Albico

\* según Soil Survey Staff 1992; \*\* = según FAO 1988

Los suelos arenosos del grupo IV y los suelos arcillosos conteniendo arcilla esmectítica del grupo I son muy fácilmente clasificados en el campo. Contrariamente, la mayoría de los suelos de la tierra firme de los grupos II y III, y parte del grupo I son difíciles de clasificar. Los análisis de laboratorio tales como contenidos de limo y arcilla, CIC o CICE, bases intercambiables, aluminio intercambiable, minerales meteorizables, y preferiblemente también la mineralogía de arcillas, son necesarios para una clasificación más precisa. Sin embargo, tal información no siempre está disponible para los estudios de investigación de suelos. Una segunda complicación en la clasificación es que estos suelos presentan usualmente tanto un incremento de arcilla con la profundidad y material suelo con propiedades óxicas, constituyendo cada una de estas propiedades un criterio de diagnóstico para una clase taxonómica diferente, en ambos sistemas internacionales de clasificación de suelos. Tales complicaciones, aún para los edafólogos experimentados, constituyen un obstáculo para una clasificación sencilla y no ambigua.

El primer estudio de reconocimiento de suelos de la zona de Iquitos fue realizado por la ONERN en 1976. Los resultados generales de este estudio están en concordancia con el presente estudio: *"La distribución de los suelos corresponde con las dos unidades fisiográficas principales, la llanura aluvial reciente y las tierras altas colinosas (es decir la tierra firme colinosa). Las tierras altas son predominantemente colinosas e incluyen generalmente suelos muy ácidos, fuertemente meteorizados, con una textura moderadamente fina a fina (es decir, suelos franco arcillo arenosos y arcillosos) de baja fertilidad"* (ONERN 1976: 151). Contrariamente, no hay concordancia en la clasificación de los suelos. La ONERN estima que aproximadamente 20 % de su área de estudio consiste de Luvisoles (según el Sistema FAO) o Alfisoles (según la Taxonomía de Suelos) los cuales son suelos con un alto porcentaje de saturación de bases. De acuerdo a sus descripciones e información química estos suelos son comparables a los suelos del grupo I de nuestro estudio. Según nuestro punto de vista su clasificación como Luvisoles no es correcta debiéndose este error al cálculo de la saturación de bases. Este fue basado en la CIC normalizada a pH 4,8 (ONERN 1976: 119). La saturación de bases debió estimarse a partir de la CIC normalizada a pH 7.0 (FAO 1989) o a pH 8,2 (Taxonomía de Suelos).

Los suelos clasificados como Luvisoles (ONERN 1976) son muy ácidos con un contenido de aluminio intercambiable muy alto, una CICE media a alta, una cantidad significativa de bases intercambiables, pero con un porcentaje de saturación de bases más bajo que el 50%, por lo cual la clasificación correcta hubiera sido como Acrisoles. Estas características concuerdan bastante bien con aquellas de los suelos del grupo I de nuestro estudio, los cuales están lixiviados pero no hasta el punto que se encuentren completamente carentes de bases y en compensación contienen una cantidad significativa de esmectita, dando como resultado una CICE alta. El mapa de suelos de la ONERN (1976) no muestra la distribución geográfica de estos Luvisoles, debido a que ellos son presentados en el mapa como asociaciones de Luvisoles y Acrisoles, cubriendo la unidad de tierra firme. Otra diferencia en la clasificación es aquella con los suelos de los grupos II y III. La ONERN clasifica estos suelos como Acrisoles, mientras que nuestras observaciones de suelos los revelan como Ferralsoles, y sólo una parte como Acrisoles. Tal como se indicó previamente, esta diferencia en la clasificación es causada por una interpretación diferente del incremento de la arcilla versus los materiales óxicos del suelo. El incremento gra-



dual de la arcilla no es un diagnóstico en la mayoría de suelos, ni tampoco es significativo desde el punto de vista agronómico, mientras que la fuerte lixiviación, y por tanto la naturaleza óxica del material suelo, sí es significativa. Aunque las diferencias en la clasificación de los suelos son evidentes, cabe remarcar que existe una concordancia general en lo que se refiere a la evaluación agronómica de estos suelos.

La investigación de MA/ORDELORETO (1981) incluye un estudio de suelos semi-detallado del área "bajo la influencia de la carretera Iquitos - Nauta". Desafortunadamente, el texto utilizado no incluía un anexo con los mapas respectivos. Este estudio incluye 88 observaciones de suelos sin información sobre su localización. A pesar de las limitaciones precisadas, se ha ensayado de correlacionar las series de suelos descritas en este estudio con nuestros grupos de suelos. Así, la Serie de Suelos Otorongo correlaciona perfectamente con el grupo de suelos I. Las series Arena Blanca y Varillal correlacionan bien con los suelos del grupo IV. La serie Pardo arenoso correlaciona bien con los suelos de bajo contenido de arcilla del grupo II. Las series Colina, Nauta, Moralillo y Santa Isabel no son muy diferentes las unas de las otras, al menos desde el punto de vista analítico. Todas representan suelos ácidos con bajo contenido de bases intercambiables y alta saturación de aluminio intercambiable. Las diferencias están relacionadas con la forma de tierra o su posición geográfica en el área de estudio. Los suelos de estas series incluyen varias texturas. Los suelos con alto contenido de arcilla son muy similares a los suelos del grupo II y aquellos con un contenido medio de arcilla, similares a los suelos del grupo III.

## COMPARACIÓN CON SUELOS UBICADOS FUERA DE LA REGIÓN DE IQUITOS

Con fines de intercambio de información los suelos de Iquitos fueron comparados con suelos de condiciones agro-ecológicas relativamente similares de cualquier otro lugar. Así, se ha correlacionado los suelos de la zona de Iquitos con los suelos de la Estación Experimental de Yurimaguas, en razón a sus conocidas investigaciones agrícolas (por ejemplo Sánchez 1989). Tyler (1975) efectuó una descripción detallada de suelos, en un área de aproximadamente 400 ha, en la cuenca superior del Amazonas, cerca a Yurimaguas. Esta área tiene muchas características comunes con el área de Iquitos. Tyler describe: *"Una tierra alta disectada compuesta de sedimentos antiguos y de una llanura de inundación reciente. Las colinas de la tierra alta disectada tienen pendientes empinadas que cortan las capas aluviales antiguas. Los suelos de la tierra alta disectada incluyen Paleudults Typic y Aquic con una saturación de bases muy baja, contienen muy pocos minerales meteorizables del tamaño de la arena y aproximadamente 40 % de caolinita en la fracción arcilla. El resto de la fracción de arcilla consiste de esmectita y minerales intergradados. Los suelos con baja saturación de bases están situados en las tierras altas aplanadas; contrariamente, los suelos saturados con agua (Tropaqueqts) y aquellos de más alta saturación de bases (Paleudalfs) se encuentran en los flancos más bajos de las pendientes"*. Aproximadamente dos-tercios de las observaciones de suelos presentadas por Tyler son suelos de textura ligera muy similares a los suelos del grupo III, y aproximadamente un-tercio de los suelos son arcillosos, similares



aquellos del grupo II del presente estudio. Los suelos más arcillosos de Yurimaguas presentan un incremento de arcillas con la profundidad mucho más pronunciado que los suelos de Iquitos. Varias observaciones muestran una capa superior franco arenosa o de arena franca cubriendo a un subsuelo arcilloso. Esto sugiere que los Ultisoles o Acrisoles son más típicos en el área de Yurimaguas que en la zona de Iquitos.

Los suelos de tierra firme de la zona de Iquitos fueron comparados también con los datos estadísticos generalizados de los principales grupos de suelos de los trópicos húmedos presentados por Kauffman *et al.* (1996). En este estudio se compararon estadísticamente las propiedades físicas, químicas y mineralógicas de 148 perfiles de referencia de suelos de 20 países de tierras bajas tropicales húmedas. Los Ferralsoles del grupo II y III de la zona de Iquitos son aparentemente menos fértiles y más ácidos que aquellos que forman parte de la colección de suelos del mundo. La suma de bases de los suelos de Iquitos es aproximadamente una sexta parte del promedio mundial y el contenido de aluminio intercambiable, aproximadamente 4 veces más alto que el promedio mundial.

## EVALUACIÓN DE LAS TIERRAS

### LIMITANTES EDÁFICAS

Con el propósito de resaltar las principales limitantes edáficas, se llevó a cabo una evaluación cualitativa de 10 cualidades de tierra basada en el Esquema de Evaluación de Tierras de la FAO (FAO 1976, 1977, 1990). La evaluación de la calidad de la tierra se realizó para un cultivo estándar, es decir, para un cultivo anual de enraizamiento profundo, asumiendo una tecnología de bajos insumos. Se enfatiza que la producción agrícola es sólo una de las posibilidades de utilización de la tierra, pero existen otras tales como silvicultura, pastos y bio-reservas, no consideradas en esta evaluación. La evaluación cualitativa no debe ser considerada como un juicio absoluto, sino más bien como una primera aproximación de las limitantes para propósitos agrícolas a gran escala. La evaluación en tres clases limitantes, presentada en la Tabla 5.4, fue hecha para los grupos de suelos de tierra firme y de una manera muy general para los suelos de la llanura aluvial de inundación. Las limitantes más serias para todos los grupos de suelos son la baja disponibilidad de nutrientes para las plantas, la baja capacidad de retención de nutrientes y la toxicidad severa causada por el elevado contenido de aluminio intercambiable. Otras limitantes menos frecuentes son el potencial para la mecanización, el riesgo de erosión, el bajo potencial de contenido de humedad y el riesgo de inundación (sólo en suelos aluviales).

Se sugiere diseñar investigaciones agronómicas que generen conclusiones y recomendaciones coherentes que posibiliten el uso racional y sostenido de cada uno de los grupos de suelos descritos en el presente trabajo. El grupo I incluye, relativamente, los suelos más "ricos" desde el punto de vista de nutrición de plantas. La suma de bases de estos suelos es alta, sin embargo, el porcentaje de saturación de

bases es bajo a medio. Esta aparente contradicción, desde el punto de vista de fertilidad de suelos, es causada por el contenido muy alto de aluminio intercambiable. Generalmente se recomienda aplicar cal hasta que el suelo alcance una reacción aproximada de pH 5, para evitar los efectos tóxicos del aluminio intercambiable. Sin embargo, aún se cuestiona el uso de esta práctica agronómica en el sentido de su justificación económica dada la gran cantidad de cal necesaria para bajar a niveles no tóxicos la concentración de aluminio intercambiable presente en estos suelos. En tales condiciones de suelo, se recomienda el uso de cal sólo como fertilizante cálcico, a fin de reducir la cantidad de cal, cuya aplicación debería ser justo antes de la siembra.

**Tabla 5.4.** Limitantes de suelos en grado cualitativo. Símbolos: -=ninguna limitante o limitación (no hay reducción en la producción); +=reducción ligera a moderada de la producción; ++=limitación severa o muy severa con clara reducción de la producción.

GRADO DE LA LIMITANTE / CUALIDAD DE LA TIERRA	I	II	III	IV	V
Disponibilidad de humedad del suelo	-	-	-	+	-
Disponibilidad de oxígeno	+	-	-	-	++
Disponibilidad de nutrientes	+/-	++	++	++	+/-
Capacidad de retención de nutrientes	-	-/+	+/++	++	++/-
Condiciones para la germinación	+/-	-	-	-	++
Toxicidad de aluminio	++/-	++	+	-	+/-
Trabajabilidad	+	+/-	-	-	++
Potencial para la mecanización *	+	-	-	-	+
Riesgo de erosión *	+	+/-	+/-	-	+
Riesgo de inundación *	+	+/-	-	-	++

\* La comparación está basada sólo en las cualidades internas del suelo, sin embargo, también se deberían considerar los factores externos, tales como la gradiente de la pendiente u otros.

Además, sería conveniente hacer uso de cultivos y/o cultivares tolerantes a altas concentraciones de aluminio. En suelos con una tabla de agua que asciende hasta la capa superior del suelo, o en suelos con subsuelo superficial, se recomienda mejorar las condiciones de drenaje construyendo una red de canales de desagüe superficial y zanjas más profundas para drenar el exceso de agua durante las épocas de lluvias fuertes. Los suelos son bastante adhesivos y plásticos cuando están húmedos, debido al alto contenido de arcilla esmectítica. Por lo tanto, la preparación del suelo, especialmente cuando se utiliza maquinaria, no debe realizarse bajo condiciones muy húmedas. Por la misma razón, en trabajos de ingeniería civil, por ejemplo en construcción de carreteras, se requerirían medidas adicionales para evitar encharcamientos en el afirmado o agrietamientos en la capa de asfalto.

En los principales suelos del grupo II, la lixiviación ha determinado la formación de un suelo ácido con una fertilidad muy baja. Todo el suelo tiene una suma de bases muy baja y una baja capacidad de retención de nutrientes. El porcentaje de saturación de aluminio intercambiable es muy alto, superior a 90%, pudiendo llegar hasta 100%, no obstante que el contenido de aluminio intercambiable es más bajo que aquel de los suelos del grupo I. Esto hace que la corrección del aluminio tóxico, vía el encalado, sea más atractiva, ya que se necesitará menos cal para elevar el pH



al nivel adecuado (5). Sin embargo, la viabilidad económica de esta práctica es aún cuestionable, razón por la que se necesita analizar los beneficios económicos de la misma.

Los suelos del grupo III son comparables a los del grupo II, excepto que la capacidad de retención de nutrientes y el contenido de aluminio intercambiable son sustancialmente más bajos en comparación a los suelos de los grupos I y II, aunque el porcentaje de saturación de aluminio permanece muy alto. En términos relativos, los suelos del grupo III ofrecen las mejores posibilidades para la corrección del contenido tóxico de aluminio, en razón a la menor cantidad de cal requerida. Este aspecto positivo es contrariado debido a la baja capacidad de retención de nutrientes, la cual usualmente está por debajo del nivel crítico de  $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , especialmente para los suelos más arenosos de este grupo. Se recomienda continuar probando las diferencias en el potencial de encalado de los suelos de los grupos I, II y III. Los suelos del grupo IV son fuertemente o ligeramente ácidos, tienen una suma de bases muy baja y una capacidad de retención de nutrientes extremadamente baja en todo el suelo mineral. El contenido de aluminio intercambiable y el porcentaje de saturación de aluminio intercambiable son muy bajos o casi nulos. Estas arenas, carentes de nutrientes para las plantas, son consideradas como los suelos más pobres de la zona de estudio, y teóricamente la agricultura no es posible. Sin embargo, aún estos suelos son productivos por un período muy corto después de la "roza" y "quema" del bosque. En comparación con los suelos de los grupos I y II, las cualidades positivas de los suelos arenosos son la buena circulación del aire, la fácil trabajabilidad y el nulo o sólo ligero riesgo de erosión.

Los suelos del grupo V son dominados por condiciones de drenaje pobre y saturación de agua. Todas las otras propiedades son variables. Si se lograran controlar las inundaciones, los suelos relativamente fértiles de este grupo, serían apropiados para el sembrado de arroz.

La mayor parte de la evaluación del suelo anteriormente mencionada, está de acuerdo con las conclusiones y recomendaciones presentadas en los informes de estudios de suelos mostrados en la Tabla 5.1.

## UTILIZACIÓN SOSTENIBLE DE LA TIERRA Y AGRICULTURA "RIBEREÑA"

Según la información analítica, los suelos de los grupos II, III y IV presentan baja disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por esta razón, es sorprendente observar que tales suelos puedan producir cultivos. Esta situación es posible gracias a la liberación de nutrientes luego de la "roza" y "quema" del bosque primario o secundario. La disponibilidad muy baja de nutrientes y la baja capacidad de retención del suelo mineral explican porqué la producción de cultivos agrícolas disminuyen muy rápidamente, en dos a tres años después de al "roza" y "quema", hasta un nivel muy bajo. Los nutrientes disponibles inicialmente, luego de la "quema" del bosque, son fácilmente lixiviados del suelo. En los bosques tropicales con soporte edáfico pobre, tal como es el caso en la mayor parte de la unidad de tierra firme de la zona de Iquitos, la mayoría de los nutrientes para las plantas son rete-



nidos en la biomasa viviente. Luego de la descomposición de la biomasa, los nutrientes contenidos en ella son liberados para su asimilación por las raíces de las plantas. Este mecanismo (ciclo de nutrientes) funciona eficientemente, es decir sin o con pérdidas ligeras hacia el subsuelo más profundo en los ecosistemas forestales. Infelizmente, este ciclo es interrumpido, cuando el bosque es "rozado" y el suelo pierde su cobertura vegetal permanente. Estas son las implicancias cada vez que se corta una área de bosque para fines agrícolas. Este es el costo del área "abierta", del terreno "limpio".

Una gran extensión de tierra firme en la zona de estudio está cubierta por Ferralsoles, Acrisoles, Arenosoles y Podzoles de baja fertilidad, presentando, todos, varios grados de limitaciones, luego que los bosques son "rozados" para el desarrollo de la actividad agrícola de bajos insumos. Las principales limitantes de estos suelos son: el contenido bajo de nutrientes para las plantas, la baja capacidad de retención de nutrientes y frecuentemente el contenido muy alto de aluminio intercambiable, tóxico para la mayoría de los cultivos agrícolas. La combinación de estas limitantes relacionadas con la lixiviación ocasionada por la pluviosidad muy alta, hace difícil la fertilización de estos suelos. Se cuestiona si la alta inversión en fertilizantes, el bajo volumen de biomasa, y los agro-sistemas de monocultivos son sostenibles, y si fueran fácilmente adoptados por los agricultores de los trópicos húmedos asentados sobre estos suelos (Weischet & Caviedes 1993). Los agro-ecosistemas sostenibles en los trópicos húmedos deben tener como objetivo, un ciclo de nutrientes cerrado (así, se minimizaría las pérdidas de nutrientes hacia el subsuelo más profundo). Los sistemas agroforestales que imitan a los bosques húmedos tropicales, asemejando así la cobertura vegetal permanente del suelo, la diversidad de cultivos/plantas y el gran volumen de biomasa, parecen ser los más prometedores desde el punto de vista de la sostenibilidad ecológica (ver el Capítulo 10). El requerimiento más alto de mano de obra y la falta de educación, son probablemente las principales limitaciones, para la adopción de estos sistemas por parte de los agricultores de los trópicos húmedos.

Algunos de los suelos extremadamente infértiles necesitan un sistema de cultivo con un barbecho (descanso) largo. En la realidad esto no es frecuentemente factible. Técnicamente, una aplicación de fertilizante moderada, bien espaciada y oportuna (principalmente para más biomasa y así más residuos de cultivos), combinada con la conservación de la materia orgánica de la capa superior del suelo, podría mejorar las condiciones de enraizado y fertilidad. Generalmente, en los suelos muy ácidos es imperativo el uso de cultivos y cultivares tolerantes al aluminio. Los árboles y cultivos tales como caucho, yuca, piña, caña de azúcar y algunos pastos y leguminosas tropicales pueden tolerar porcentajes de aluminio intercambiable hasta aproximadamente 85 %. La alternativa de encalado aún sigue siendo la práctica más común para disminuir la acidez del suelo; esta práctica ya no se basa en el incremento del pH del suelo sino en la neutralización del aluminio intercambiable. La aplicación de ciertos nutrientes (por ejemplo: P, K, Mg y Ca) o de yeso ha sido comprobada como convenientes para la restauración del suelo (Keltjens 1997). Recientemente, en reuniones internacionales tales como el Cuarto Simposio Internacional sobre la Interacción Suelo-planta a pH's bajos, realizado en Minas Gerais, Brazil, se presentaron trabajos de investigación sobre suelos muy ácidos (Moniz *et al.* 1996). Generalmente, las condiciones económicas y política gubernamental lo-

cales dispondrán si tales fertilizantes y enmiendas, generalmente costosas, estarán disponibles para el agricultor promedio.

Tal como se observó en las imágenes de satélite, las prácticas agrícolas están concentradas a lo largo de las riberas de los ríos, "agricultura ribereña", mientras que en las extensas áreas centrales de la unidad de tierra firme se observa una actividad humana muy pequeña (ver el Capítulo 8). La falta de infraestructura es, ciertamente, un factor que explica la exploración de las márgenes de los ríos. El presente estudio ha puesto en evidencia que aproximadamente el 90 a 95 % de los suelos de la tierra firme son suelos ácidos muy pobres (grupos II, III, IV y V). Los suelos relativamente más fértiles del grupo I están restringidos, aproximadamente, a 5 y 10 % de la unidad de tierra firme. Estos suelos están concentrados en la zona de transición de tierra firme a la llanura aluvial. La agricultura ribereña está concentrada en esta zona de transición y en la llanura aluvial. En la zona de Iquitos, donde se desarrolla la agricultura ribereña, se han identificado y descrito catorce "tipos" de agricultura, de los cuales 10 corresponden a la llanura aluvial y 4 a la tierra firme (Jong 1996). Todos estos tipos están asociados con la fertilidad de los suelos, las condiciones de drenaje y la posición en el paisaje. La diversidad de la agricultura ribereña y la variación en las estrategias agrícolas pueden ser explicadas como una adaptación a las condiciones complejas de la tierra en las riberas de los ríos. La producción agrícola está determinada por la fertilidad del suelo (incluyendo el aluminio tóxico), el impacto de plagas y mala hierba y la inundación por las aguas de los ríos. La estrategia de los agricultores ribereños está influenciada por estas condiciones edáficas, pero también por la disponibilidad de mano de obra, por la accesibilidad a la tierra, por la disponibilidad de préstamos y por la disposición para tomar riesgos (Jong 1996). Los riesgos edáficos son minimizados cultivando campos tanto en la llanura aluvial como en tierra firme.

La construcción de los primeros 15 km de la carretera Nauta - Iquitos fue llevada a cabo hace aproximadamente 10 años. Este tramo, al igual que los otros, se desarrolla en tierra firme y a gran distancia de las corrientes de agua. Después de su construcción, se establecieron algunas chacras, luego de la "roza" y "quema" del bosque (después de la deforestación de áreas relativamente pequeñas); en la actualidad, muy pocas chacras permanecen operativas en el lugar. Esto llama la atención, ya que generalmente una carretera nueva en una área boscosa induce a asentamientos espontáneos. En un inventario rápido de las especies de árboles y cultivos existentes en un huerto de aproximadamente 0,25 ha recientemente abandonado, ubicado en el km 12 de la carretera Nauta - Iquitos, se identificaron más de quince especies cultivadas. Se estima que esta chacra fue establecida hace aproximadamente siete años; se desconocen las razones por las que el área fue abandonada. Se asume que las posibles causas del abandono serían la declinación de la fertilidad del suelo en los campos de cultivo, tal como se mencionó anteriormente, así como también las dificultades en el transporte. Los problemas de transporte incluyen tanto las pésimas condiciones de la vía para el tránsito de vehículos durante las fuertes lluvias como los altos costos involucrados. Una situación similar ocurrió en el área de los asentamientos: Ex Petroleros, Nuevo Horizonte y El Paujil, donde, además de las causas ya mencionadas, la presencia de suelos arenosos, muy pobres, ha ocasionado un desarrollo por debajo del nivel promedio de la región.



Considerando las persistentes limitantes edáficas, cualquier sistema de uso de la tierra en la unidad de tierra firme requiere de una cobertura vegetal permanente y el uso de árboles para un ciclo eficiente de nutrientes. El manejo forestal es un camino que facilita el mantenimiento de una cobertura boscosa (Torres 1993). Según Van Leeuwen (INPA, Manaus, sin publicar), existe un gran número de posibilidades de utilización intensiva de árboles multi-propósitos. Por ejemplo las plantaciones de multi-especies instaladas en los campos de cultivos pueden transformar los terrenos de cultivo en plantaciones productivas como alternativa a su abandono (ver también Capítulo 10). También se precisa que los árboles en pastizales (especialmente de la familia Leguminosae) pueden contribuir al mantenimiento de la fertilidad del suelo, además de proporcionar sombra y productos tales como: madera, frutos y forraje enriquecidos en proteínas (los pastos tropicales tienen un contenido bajo en proteínas).

## CONCLUSIONES

Los estudios de suelos de la zona de Iquitos, enumerados en la Tabla 5.1, contienen una gran cantidad de información de campo e información analítica. Sin embargo, el uso de esta información por parte de otros especialistas diferentes a los edafólogos es limitada, debido a la utilización de nombres de suelos y sistemas de clasificación diferentes. Además, la falta de una localización descriptiva o información de coordenadas de más de 300 observaciones de suelos, impiden, por el momento, la preparación de un mapa actualizado de la distribución de los suelos en la zona de Iquitos. Se recomienda que la información sobre la localización de estas observaciones de suelos sea solicitada al Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA, anteriormente ONERN), institución que ejecutó la mayoría de estudios entre 1976 y 1991.

Los depósitos aluviales del Cuaternario y Terciario son los materiales parentales dominantes de la unidad de tierra firme. Se estima que más del 95 % de los suelos desarrollados en esta unidad están fuertemente lixiviados y son muy ácidos, por lo tanto pobres en nutrientes para las plantas. Menos del 5 % de los suelos tienen una reserva sustancial de nutrientes para plantas, gracias a la presencia de arcillas no alteradas de la Formación Pebas y la Unidad Buena Unión, en el subsuelo poco profundo. El manejo de estos suelos requiere de una atención especial debido al alto nivel de aluminio tóxico y a las condiciones imperfectas de drenaje.

La información presentada en este capítulo muestra que los Ferralsoles y Acrisoles bien drenados, suelos dominantes en el área de estudio, tienen características claves bastante similares. La separación está basada en un incremento relativamente pequeño en el contenido de arcilla con la profundidad, el cual, para los suelos bien drenados, no afecta las otras características de los suelos ni la productividad de los cultivos. Los estudios de evaluación de tierras agrícolas y los de correlación suelo-vegetación (biodiversidad) deberían estar basados en mediciones de las características físicas, químicas y mineralógicas claves de los suelos, reflejando su funcionamiento bio-físico, y no estar basados sólo en una aproximación taxonómica



de los mismos. La subdivisión práctica de estos suelos, propuesta en base a las texturas dominantes, debe ser considerada sólo como un primer paso.

Para un enfoque más detallado sobre investigación de suelos y manejo de la tierra, se propone cinco grupos de suelos en la unidad de tierra firme, los cuales están correlacionados con la forma del terreno (pendiente), la permeabilidad del suelo, la arabilidad del suelo y la fertilidad del mismo. Los grupos son: I. Suelos ligeramente lixiviados conteniendo arcilla esmectítica (Cambisoles gléyicos y dystricos); II. Suelos fuertemente lixiviados conteniendo arcilla caolinítica (Ferralsoles y Acrisolles); III. Suelos francos fuertemente lixiviados (Ferralsoles o Cambisoles Ferrálicos); IV. Arenas fuertemente lixiviadas (Arenosoles y Podzoles); y V. Suelos pobremente drenados, casi todos los meses saturados con agua, de textura variada, situados en valles y depresiones, los cuales incluyen suelos orgánicos pantanosos (Histosoles) y suelos minerales (Gleysoles).

La baja saturación de bases y la fuerte acidez indicada por el bajo pH y el contenido extremadamente alto de aluminio intercambiable, son propiedades críticas de la mayoría de los suelos de tierra firme. Se recomienda la intensificación de la investigación fundamental y aplicada, por parte de las instituciones locales de investigación, a fin de precisar cómo se pueden superar estas limitantes edáficas.

A partir de nuestras observaciones de suelos, se desprende que el contenido de limo en los suelos de tierra firme no se encuentra estrechamente correlacionado con las variables de fertilidad de suelos, tales como: suma de bases y CICE. Se recomienda la utilización de una subdivisión basada en las propiedades físicas del suelo, tal como permeabilidad o propensión a la erosión, para los cuatro grupos principales de suelos.

El grupo IV, representado por las arenas "blancas", incluye los suelos más frágiles desde el punto de vista de fertilidad de suelos, razón por la que deben ser conservados como una bio-reserva de bosque, con limitada extracción de productos distintos de la madera. Consideramos que es necesaria una investigación mayor de estas arenas para explicar mejor su origen y distribución geográfica.

En vista de la continua expansión de la ciudad de Iquitos, las instituciones de planificación deberían considerar la utilización del área sud-occidental de la ciudad, especialmente las áreas arenosas deforestadas, dónde la regeneración del bosque es extremadamente difícil debido a la fuerte degradación de los suelos.

En vista del contenido muy bajo a bajo de nutrientes para las plantas en los suelos dominantes, tanto de la capa superior del suelo como de aquella del subsuelo, los materiales orgánicos en descomposición de la superficie (capa de desechos orgánicos que sobreyacen al suelo mineral), fuente principal de fertilidad de estos suelos, debería ser incluida como una propiedad clave potencial en los estudios futuros de estos suelos.

A partir de nuestras observaciones de suelos se postula que la materia orgánica humificada en los suelos minerales de tierra firme es prácticamente inerte en su rol de liberación y retención de nutrientes para las plantas, lo cual es contrario a las suposiciones generalmente aceptadas. Por esta razón, se recomienda mayores estudios de los tipos y fracciones de materia orgánica presente en estos suelos.

Se recomienda que se lleven a cabo observaciones de suelos en la parte central de la unidad de tierra firme, pues, hasta el presente se encuentra sin una adecuada observación de campo. Se debe recolectar información esencial sobre la presencia de material parental del suelo no- o ligeramente lixiviado, por medio de observaciones estándares de suelos (como mínimo hasta una profundidad de 2 metros) y en sitios seleccionados, hasta una profundidad mucho mayor. Con equipos manuales de muestreo de suelos ("*auger*") esto se puede llevar a cabo hasta una profundidad aproximadamente de cinco metros.

Se recomienda efectuar investigaciones sobre necesidades de micro-nutrientes en suelos, entre otros de azufre, boro y zinc, especialmente en suelos de textura gruesa.

El uso de árboles en los sistemas de uso de la tierra debería ser maximizado, a fin de imitar el mecanismo del ciclo de nutrientes de las plantas en el bosque húmedo tropical (para mayor información ver el Capítulo 10).

La pequeña área de suelos relativamente fértiles del grupo I (Cambisoles arcillosos) de tierra firme, y el área más grande de suelos fértiles de la llanura aluvial (Fluvisoles) tienen menos limitantes desde el punto de vista de fertilidad de suelos. Considerando las persistentes limitantes edáficas de los suelos de tierra firme, estos suelos fértiles deberían atraer la atención del gobierno, agricultores e investigadores para optimizar su utilización con sistemas agrícolas productivos sostenibles.

Además de este estudio de suelos, el cual resalta las cualidades y las limitantes de los suelos, se recomienda que los estudios futuros de planificación del uso de la tierra incorporen aspectos de sistemas de uso de la tierra (Jong 1996), legislación de la propiedad de la tierra, infraestructura y comercialización.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los comentarios recibidos sobre el manuscrito preliminar del presente trabajo a Niels Batjes, Mike Bridges y Wim Sombroek. Quedamos en deuda con Jacqueline Resink por la compilación de los mapas; con Piet Tempel por su apoyo en la programación, lo que facilitó la selección de los perfiles y los cálculos utilizando la información de la base de datos ISIS, con Wouter Bomer y Jan Boerma por su asistencia en los gráficos y con Luisa Rebata por la fiel traducción al español. Los autores aprecian mucho la colaboración de los agricultores del área de estudio, por permitirnos ingresar a sus terrenos de cultivo para estudiar los suelos y por sus contribuciones en las discusiones sobre las principales limitantes de la producción agrícola de los mismos, y finalmente, pero no por eso menos importante, por su gran hospitalidad.

## APÉNDICE 5.1. UNIDADES Y GLOSARIO

$\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$	carga en centimoles por kilogramo (anteriormente $\text{meq}/100 \text{ g}$ ; $1 \text{ meq}/100 \text{ g} = 1 \text{ cmol}_c\text{kg}^{-1}$ )
$\mu\text{m}$	micrómetro: $1/1000^{\text{th}}$ de un milímetro.
$\text{mg kg}^{-1}$	miligramo por kilogramo (anteriormente partes por millón (ppm))
$\text{mS cm}^{-1}$	miliSiemens por cm a $25^\circ\text{C}$ (anteriormente $\text{mmho cm}^{-1}$ )
MJ	Megajoules (anteriormente kcal; $1 \text{ MJ} = 4186,8 \text{ kcal}$ )

TÉRMINO	EXPLICACIÓN
<i>Acidez intercambiable</i>	Suma de hidrógeno y aluminio intercambiables.
<i>Aluminio intercambiable</i>	Contenido de aluminio intercambiable. Un contenido alto en el suelo indica toxicidad para la mayoría de los cultivos agrícolas.
<i>Análisis de laboratorio</i>	Caracterización analítica de muestras de suelos, tales como reacción del suelo, distribución del tamaño de partículas (contenido de arena, limo y arcilla), cantidad de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes para las plantas (CICE y suma de bases).
<i>Calidad de la tierra</i>	Serie de características interactivas de las tierras que tienen clara influencia sobre la aptitud de la tierra para un uso específico (por ejemplo: riesgo de erosión, el cual a su vez es influenciado por la pendiente, intensidad de lluvias, cobertura del suelo, índice de infiltración, características de la superficie del suelo, textura).
<i>Capacidad de aire</i>	Cantidad de espacio poral ocupado con aire 2 ó 3 días después que el suelo ha sido mojado. Se calcula a partir de la diferencia entre la cantidad de agua bajo condiciones casi saturadas ( $\text{pF } 0,0$ ) y la humedad retenida a la "capacidad de campo" ( $\text{pF } 2,0$ ), y se expresa como porcentaje de volumen.
<i>Característica de la tierra/suelo</i>	Propiedad medible de la tierra (o suelo), por ejemplo: la textura.
<i>Carbón orgánico</i>	Contenido del carbón orgánico determinado en el laboratorio ( $\% \text{ C org.} \times 1,724 = \% \text{ materia org.}$ )
<i>CIC</i>	Capacidad de intercambio de cationes, indicadora de la capacidad potencial de retención de nutrientes del suelo.
<i>Consistencia</i>	Se refiere al grado y tipo de cohesión y adhesión del material suelo, o a la resistencia a la deformación o ruptura del mismo.
<i>Densidad de volumen (aparente)</i>	Peso de una muestra de suelo no disturbada dividida por su volumen.
<i>CICE</i>	Capacidad de intercambio catiónica efectiva. Se calcula por la adición de la suma de las bases y la acidez intercambiable, y refleja la actual capacidad de retención de nutrientes del suelo.
<i>Estructura del suelo</i>	Agregados de partículas primarias del suelo (arena, limo, arcilla) llamados "peds", descritos de acuerdo al grado, tamaño y tipo.
<i>Fracción de tierra fina</i>	Parte del material suelo con tamaño de partículas de $2 \text{ mm}$ o menos (casi todos los análisis son llevados a cabo en esta fracción del suelo).
<i>Horizonte (capa de suelo)</i>	Material suelo aproximadamente paralelo a la superficie de la tierra, sin (o débil) influencia de procesos pedogenéticos.
<i>Horizonte del suelo</i>	Capa de suelo diferenciada por uno o más rasgos morfológicos, tales como color, estructura, distribución de raíces, distribución del tamaño de partículas, compactación y consistencia.

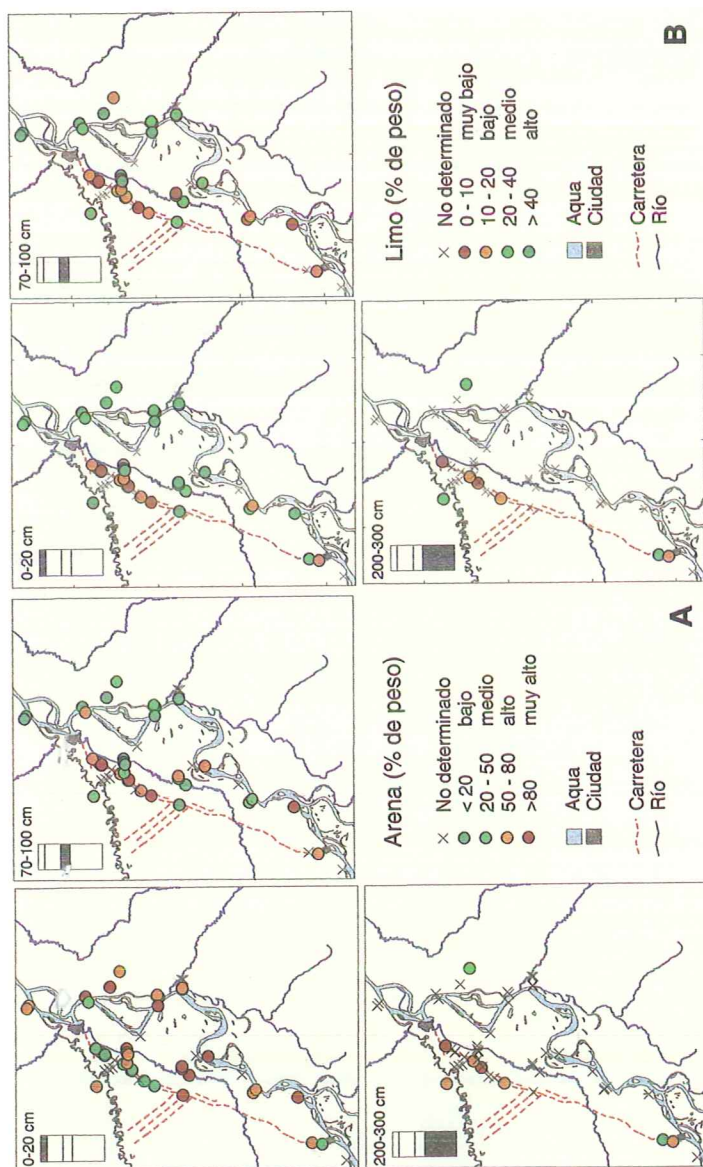


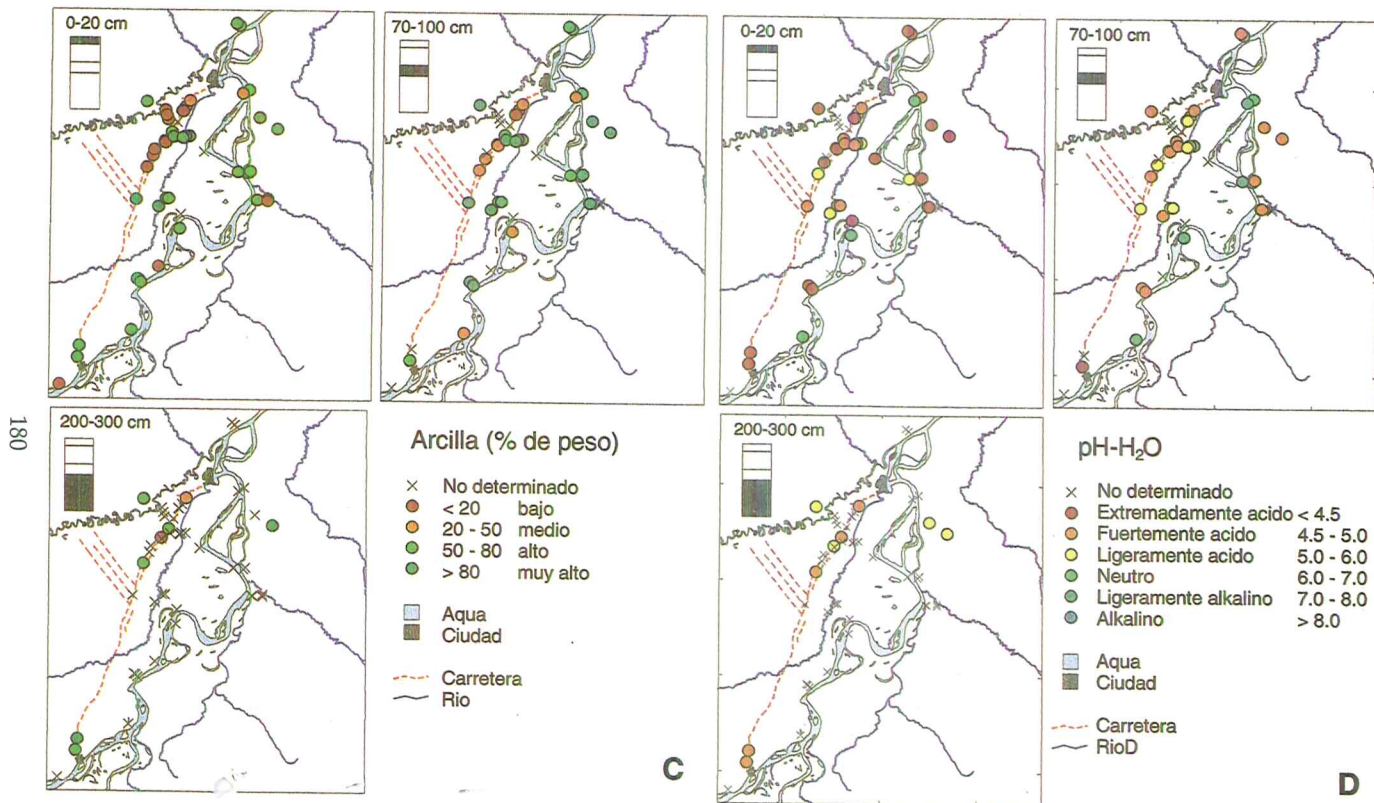
Apéndice 5.1 continuación

<b>Humedad disponible</b>	Cantidad de humedad del suelo retenida entre la "capacidad de campo" (pF 2,0) y el "punto de marchitez" (pF 4,2), humedad expresada en porcentaje de volumen (llamada también "capacidad de agua disponible"). Esta es indicativa de la cantidad de humedad disponible para el crecimiento de las plantas.
<b>Lixiviación</b>	Movimiento descendente o lateral de los materiales del suelo en solución o suspensión.
<b>Lixiviación por precipitación (LR)</b>	Total anual del exceso mensual de precipitación (P) sobre la evapotranspiración (Ep)
<b>Material parental</b>	Material mineral u orgánico no consolidado a partir del cual se supone que se ha desarrollado el suelo por medio de procesos pedogenéticos.
<b>Mineralogía de "arcillas"</b>	Tipo de tamaño de partículas de arcilla (< 2 µm). Por ejemplo:
<b>Caolinita</b>	Mineral de arcilla con una capacidad baja de retención de nutrientes, común en suelos de las regiones (sub)tropicales.
<b>Esmectita</b>	Mineral de arcilla rico en sílice con una capacidad elevada de retención de nutrientes y con capacidad para absorber agua, responsable de la expansión de las partículas de arcilla
<b>Clorita</b>	Mineral de arcilla rico en aluminio con una capacidad moderadamente alta de retención de nutrientes, presentándose en cantidades variables en suelos ricos en aluminio.
<b>Cuarzo</b>	Sílice residual, resistente a la meteorización.
<b>Feldespatos</b>	Mineral primario residual, inestable en ambientes edáficos; su presencia indica un grado ligero a moderado de meteorización.
<b>Hematita</b>	Oxido de hierro deshidratado de coloración rojiza, común en los suelos bien drenados de las regiones tropicales.
<b>Goetita</b>	Oxido de hierro hidratado de coloración amarillenta, común en suelos de las regiones templadas.
<b>Gibsit</b>	Hidróxido de aluminio, indicativo de un alto grado de meteorización.
<b>Moteadura</b>	Marca o mancha que difiere en coloración de los alrededores, usualmente indicativa de drenaje pobre en los suelos.
<b>Observación de suelo</b>	Una observación de suelo en el campo incluye una descripción morfológica de las diferentes capas u horizontes del suelo, del "perfil" del suelo. Para mayor detalle ver Apéndice 5.3.
<b>Podsolización</b>	Remoción descendente de bases y metales (hierro) del suelo bajo la forma de materia orgánica ácida dispersa y precipitación de estos materiales en el subsuelo más profundo (el horizonte B espódico). Los suelos con un horizonte espódico B son clasificados como Podsoles (según la FAO-UNESCO) o como Espodosoles (según la Taxonomía de Suelos).
<b>Reacción del suelo</b>	Expresión del grado de acidez o alcalinidad del suelo: pH-H <sub>2</sub> O cuando se mide en agua; pH-KCl, cuando se mide en una solución de KCl.
<b>Saturación de aluminio</b>	Aluminio intercambiable en relación a la CIC, expresado en %.
<b>Saturación de bases</b>	Suma de las bases intercambiables en relación a la CIC, expresada en %.
<b>Suma de las bases</b>	Suma de Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> y Na <sup>+</sup> intercambiables.
<b>Textura</b>	Se refiere a la distribución del tamaño de partículas en la masa del suelo. La apreciación en el campo constituye una aproximación de la clase textural (ej: franco arenoso, franco arcillo limoso, arcilla); los datos analíticos representan % de arena, limo y arcilla medidos en el laboratorio.
<b>Valor pF</b>	Medida para la tensión de la humedad del suelo.

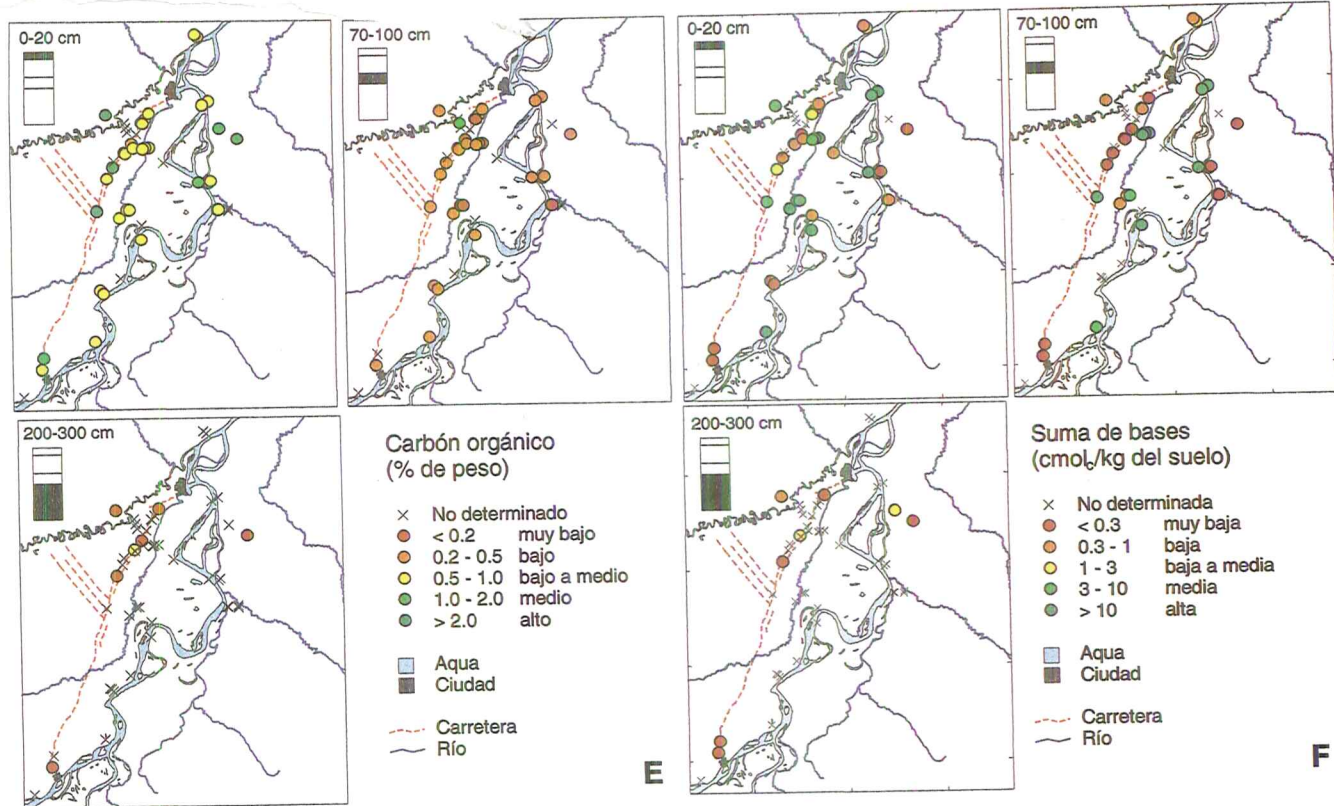
## APÉNDICE 5.2. MAPAS DE VALORES ANALÍTICOS

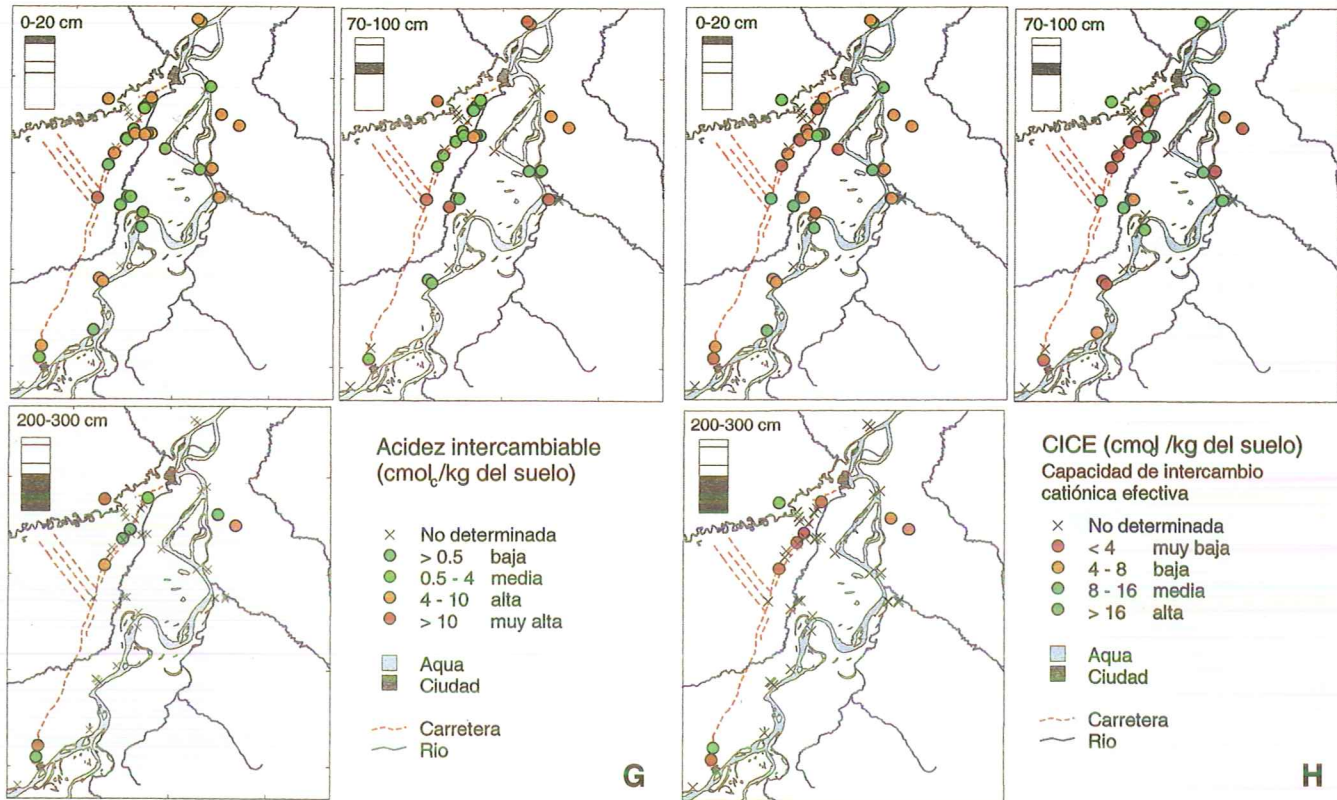
Los mapas incluidos en esta sección presentan valores de caracterización física y química de los suelos estudiados. Los resultados de cada tema se presentan separadamente en tres profundidades diferentes. Las clases de las características analíticas del suelo se han definido separadamente para cada tema (A a J).

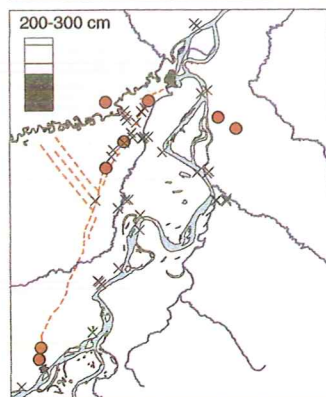
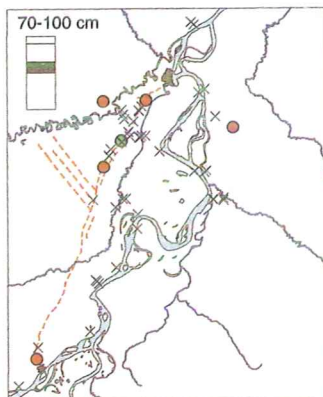
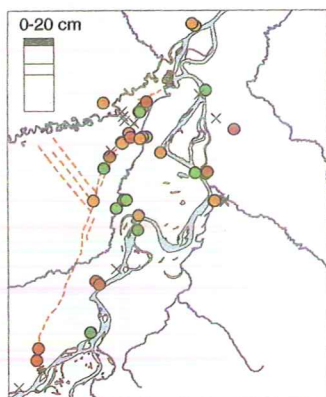








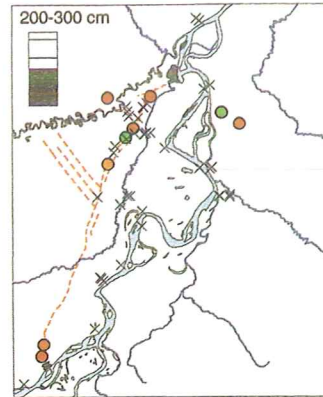
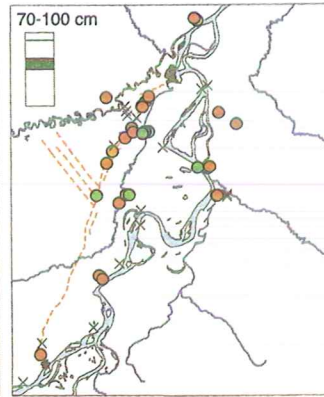
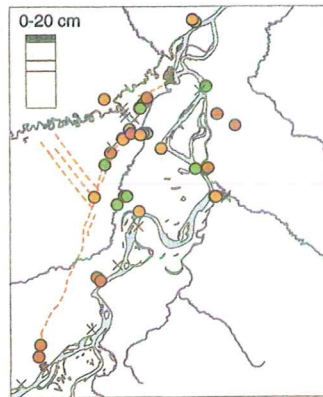




**Saturación de bases  
(% basado en la CICE)**

- × no determinada
- < 10 baja
- 10 - 50 media
- 50 - 90 alta
- > 90 muy alta
- Agua
- Ciudad
- Carretera
- Río

I



**Saturación de aluminio  
(% basado en la CICE)**

- × no determinada
- < 10 baja
- 10 - 50 media
- 50 - 90 alta
- > 90 muy alta
- Agua
- Ciudad
- Carretera
- Río

J



## APÉNDICE 5.3. BASE DE DATOS DE SUELOS DE REFERENCIA

### GENERALIDADES

La presente base de datos constituye una descripción en forma simplificada de la información original almacenada sobre suelos del área estudiada. Los autores esperan que esta base de datos, facilite la comprensión de la variabilidad y contrastabilidad impresionante de tipos de suelos, particularmente en las inmediaciones de la ciudad de Iquitos. El apéndice incluye la información siguiente: descripción general del lugar (del paisaje), descripción resumida del perfil, resultados de análisis físicos, químicos y mineralógicos del perfil, e información de clasificación del suelo de referencia. Esta ha sido estructurada de manera tal, que pueda ser accesible a un rango amplio de usuarios. Los suelos de referencia, provienen de paisajes, cuencas, fuentes y acciones diferentes, de "tierra firme" y aluvial reciente.

Este documento tiene una importancia especial para el Centro de Referencia e Información de Suelos de la Amazonía peruana (CRISAP). El CRISAP es un Centro moderno de documentación técnico-científico-educativo sobre el recurso suelo, cuya estructura fundamental se sustenta en tres columnas, la colección de suelos bajo la forma de "monolitos", la base de datos computarizada y las publicaciones de los suelos colectados. El monolito es una columna de suelo estabilizada con resinas sintéticas, obtenida de un perfil de suelo en el campo, con el fin de apreciar e interpretar sus horizontes.

El CRISAP es una realidad gracias al Convenio de Trabajo Cooperativo, suscrito entre la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) y el International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) de Wageningen (Holanda). El CRISAP fue inaugurado oficialmente el 9 de diciembre de 1994, orientando todos sus esfuerzos a la sensibilización de la juventud estudiosa de la Amazonía peruana, respecto a la necesidad e importancia de conservar el recurso suelo. El CRISAP dispone de un local moderno, de dos plantas, con más de 15 ambientes convenientemente distribuidos, sobre una superficie de 600 m<sup>2</sup>, destacándose, entre estos, su sala de exhibición, con más de 25 suelos de referencia de distintos puntos de la Amazonía peruana. Está ubicado en un excelente lugar: a 50 m de la Plaza de Armas de la ciudad de Iquitos. Gracias a este documento, los usuarios de la sala de exhibición del CRISAP tendrán la posibilidad de verificar gran parte de la información presentada en esta oportunidad.

La colección de suelos de referencia del CRISAP constituye una herramienta valiosa para la concientización sobre la necesidad e importancia de la conservación de los suelos en la Amazonía peruana. La Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), a través del CRISAP, viene mejorando la calidad de la enseñanza de las Ciencias del Suelo a nivel secundario, técnico-superior y universitario. De igual manera, problemas de degradación de suelos, tales como erosión, pérdida de la materia orgánica, compactación y disminución de la actividad biológica, pueden ser mejor visualizados y consecuentemente mejor entendidos por los agricultores de ésta región. Los autores esperan encontrar las condiciones favorables para ampliar esta base de datos a nivel de toda la Amazonía peruana.

Los autores aprovechan este documento para invitar a la comunidad científica nacional e internacional a visitar el CRISAP y a considerar este centro como sede de futuras actividades científicas relacionadas con el recurso suelo y el medio ambiente. Cualquier coordinación sobre el particular puede hacerla a través de los autores del presente capítulo o directamente con el CRISAP.

Apéndice 5.3 continuación

## BASE DE DATOS DE SUELOS DE REFERENCIA

La base de datos de suelos de referencia se sustenta en el Sistema de Información de Suelos del ISRIC (ISRIC Soil Information System, ISIS). Este sistema fue concebido en lenguaje dBase IV y tiene procedimientos incorporados para almacenar, corregir e imprimir datos de paisaje, físico-morfológicos, analíticos, climáticos y taxonómicos. El registro de datos en el campo (del paisaje y del perfil) se efectuó en forma codificada, en formatos especiales, utilizando la Guía de campo del ISRIC (Van de Ven *et al.* 1995).

La expresión "suelo de referencia" debe ser entendida como una información referencial sobre ciertas características y/o propiedades morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas de un suelo en particular, presente en una área geográfica determinada. Hoy en día es posible lograr ésta y otras aproximaciones, haciendo uso de las posibilidades que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica (SIG, ver Khouma *et al.* 1996).

A continuación, presentamos una breve descripción de la metodología utilizada:

- ❑ **Trabajo de gabinete I: pre campo.** En esta fase se tomaron decisiones sobre la localidad y extensión del área de estudio, en función de la necesidad de estudios geo-pedológico del área, y la disponibilidad de fondos. Se eligió el corredor Iquitos-Nauta, comprendiendo por el este, las primeras formaciones antiguas de la margen derecha del río Amazonas, y por el oeste, las formaciones antiguas y sub-recientes, contiguas a la carretera Iquitos-Nauta y río Itaya, en su tramo inferior, respectivamente. Se procedió a la selección del lugar a partir del análisis del material cartográfico disponible (desde fotos aéreas hasta imágenes de satélites), incluyendo informes técnicos y científicos del área en estudio, así como la propia experiencia de los investigadores del proyecto.
- ❑ **Trabajo de campo.** La selección del punto de estudio tuvo por objetivo principal seleccionar el punto más representativo del lugar; esto se logró a través de chequeos, con el muestreador "auger" (muestreador holandés "Eijelkamp"), en diferentes puntos del lugar seleccionado. La descripción general del paisaje fue lograda a través de la determinación de los elementos del medio ambiente, tales como el relieve, las características climáticas, la cobertura vegetal natural y el origen y naturaleza del material parental. La descripción detallada de perfiles (sección vertical del suelo conformada por horizontes), se hizo a partir de la superficie vertical de una excavación practicada en el terreno, denominada "calicata". Esta excavación fue de 1,5 a 2,0 m de largo por 1,0 m de ancho y 1,5 a 2,0 m de profundidad cuando no se colectó un "monolito" de suelo; y de 3,0 m de largo, por 2,0 m de ancho y 1,5 m de profundidad, cuando se colectó el "monolito". La descripción del perfil consistió en la descripción físico-morfológica de los diferentes horizontes identificados hasta 1,5 m de profundidad.
- ❑ **Muestreo por horizontes.** En el caso de los suelos de referencia, cada horizonte identificado fue muestreado en duplicado, tomando cada vez, una cantidad igual a 1,5 kg. Una serie de estas muestras fue enviada al ISRIC para los análisis de caracterización física, química y mineralógica; y la otra se guardó en la Sueloteca del CRISAP. A partir de 1,5 m de profundidad se continuó el muestreo con la ayuda del muestreador "holandés", recolectándose la muestra cada vez que se constataba un cambio en las características del suelo (la muestra tomada correspondió a la parte media de cada "sector homogéneo"). En este caso, la profundidad de muestreo varió entre 3 y 7 metros. En el caso de los suelos estudiados por Paredes Arce (1979), cada horizonte identificado fue muestre-

Apéndice 5.3 continuación

ado en duplicado, tomando, cada vez, una cantidad igual a 1,0 kg. Una serie de estas muestras fue analizada en los Laboratorios de Suelos de la Facultad Universitaria de Ciencias Agronómicas de Gembloux (Bélgica) y la otra se guardó en la Sueloteca de la UNAP. La profundidad de muestreo varió entre 4 y 8 m. Finalmente, en el caso de los suelos de referencia, cada horizonte identificado fue muestreado en triplicado, tomando, una cantidad igual a 1,0 kg. Una serie de estas muestras fue enviada a los Laboratorios de la Estación Experimental Agrícola "San Ramón", de Yurimaguas; las otras dos, fueron almacenadas en la Sueloteca del IIAP y la Sueloteca de la UNAP.

- ❑ **Colección del "monolito" de suelo.** Cuando las características del nuevo suelo en estudio, diferían significativamente de aquellas de los ejemplares que forman parte de la colección de suelos de referencia del CRISAP, se procedió a la colección del "monolito" de suelo, siguiendo muy de cerca el procedimiento propuesto por el ISRIC (Van Baren & Bomer 1979, Bos 1986). Cada suelo de referencia fue identificado con un código, compuesto por las letras mayúsculas PE (referencia del Perú).
- ❑ **Trabajo de laboratorio.** En la tabla que sigue se presenta los análisis efectuados en las muestras de horizontes, de los diferentes suelos de referencia que forman parte de esta base de datos. Los métodos analíticos utilizados en la determinación de las diferentes características físicas, químicas y mineralógicas de suelos se precisa más adelante.

Análisis efectuados	Convenio UNAP/ISRIC	Convenio UNAP/Univ.Turku (UE/STD3)	Paredes A, investigación personal	Proy. UNAP /IIAP/INIA Yurimaguas Fundeagro
<b>ANÁLISIS FÍSICOS:</b>				
Granulometría detallada	+	+	+	
Granulometría simple				+
Densidad aparente	+	+		
pF	+	+		
<b>ANÁLISIS QUÍMICOS:</b>				
pH (en agua y en KCl)	+	+	+	+
Carbonatos	+	+		
Carbón orgánico	+	+	+	+
Nitrógeno total	+	+	+	+
Cationes cambiables (Ca,Mg,K,Na,Al)	+	+	+	+
Acidez cambiante (Al + H)	+	+	+	+
CIC-suelo	+	+	+	+
CIC-arcilla	+	+		
CIC-material orgánica	+	+		
Conductividad eléctrica	+	+		
<b>ANÁLISIS MINERALÓGICOS:</b>				
Minerales primarios residuales	+	+		
Minerales secundarios				
Arcillas	+	+	+	
Óxidos	+	+		
<b>ANÁLISIS QUÍMICOS ESPECIALES:</b>				
Fe, Al y Mn "libres"	+	+	+	
Retención de fósforo			+	
Fósforo disponible			+	+



Apéndice 5.3 continuación

□ **Trabajo de gabinete II: post campo.** Esta fase implicó: introducción de datos en el ISIS 4.0, preparación de los "monolitos" de suelos, preparación de la información que acompañará a cada "monolito" en la sala de exhibición, y redacción de resúmenes técnico-científicos (Soils briefs, Van Baren & Bomer 1979, Bos 1986).

Los suelos de referencia, que conforman esta base de datos, provienen de los dos grandes paisajes claramente distinguibles en la zona de estudio: "tierra firme" y aluvial reciente. En algunos casos se incluye descripción del paisaje, descripción físico-morfológica y colección de "monolito". En otros, únicamente la descripción físico-morfológica del perfil. En la tabla que se presenta a continuación, se incluye información complementaria de los suelos que forman parte de la presente base de datos.

Suelo de referencia (código)	Paisaje	Localización (cuenca)	Fuente (Institución/persona)	Acción generatriz	Monolito
PE001, PE002, PE003, PE004	Tierra firme	Carretera Iquitos-Nauta	CRISAP	Convenio UNAP/ISRIC	+
PE005	Aluvial	Río Amazonas	CRICAP	Convenio UNAP/ISRIC	+
PE012, PE013, PE014	Tierra firme	Carretera Iquitos-Nauta	Paredes <i>et al.</i> 1995-96	Convenio UNAP/Univ.Turku (UE/STD3)	+
PE026, PE 027		Carretera Iquitos-Nauta	Paredes <i>et al.</i> 1995-96	Convenio UNAP/Univ.Turku (UE/STD3)	+
PE015	Tierra firme	Río Nanay	Paredes <i>et al.</i> 1995-96	Convenio UNAP/Univ.Turku (UE/STD3)	+
PE028	Tierra firme	Río Amazonas	Paredes 1996	Convenio UNAP/Univ.Turku (UE/STD3)	+
PE029, PE030	Tierra firme	Carretera Iquitos-Nauta	Paredes 1979	Investigación personal	
PE032	Tierra firme	Carretera Iquitos-Nauta	Paredes <i>et al.</i> 1996	Convenio UNAP/Univ.Turku (UE/STD3)	
PE064	Tierra firme	Carretera Iquitos-Nauta	Paredes 1979	Investigación personal	
PE050, PE051, PE053, PE054, PE055, PE056	Tierra firme	Carretera Iquitos-Nauta	Paredes <i>et al.</i> 1993	Proy. UNAP/IIAP/INIA Yurimaguas (FUNDEAGRO)	
PE062	Tierra firme	Río Itaya	Paredes <i>et al.</i> 1993	Proy. UNAP/IIAP/INIA Yurimaguas (FUNDEAGRO)	
PE068	Aguajal	Río Amazonas	Paredes <i>et al.</i> 1993	Proy. UNAP/IIAP/INIA Yurimaguas (FUNDEAGRO)	
PE067, PE069, PE071, PE074, PE077	Aluvial	Río Amazonas	Paredes <i>et al.</i> 1993	Proy. UNAP/IIAP/INIA Yurimaguas (FUNDEAGRO)	
PE056, PE057, PE061	Aluvial sub-reciente	Río Itaya	Paredes <i>et al.</i> 1993	Proy. UNAP/IIAP/INIA Yurimaguas (FUNDEAGRO)	

*Apéndice 5.3 continuación*

## INFORMACIÓN RELACIONADA CON LA BASE DE DATOS

### Características climáticas

El área comprendida con esta base de datos, se caracteriza por un clima tropical húmedo (véase Capítulo 3). La temperatura uniformemente alta, al igual que la pluviosidad y la ausencia de una estación seca bien definida durante el año, son las condiciones meteorológicas que caracterizan el área y determinan, a su vez, ciertos regímenes de humedad y de temperatura en el perfil del suelo, cuyos efectos se reflejan en sus características morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas.

La Taxonomía de Suelos del USDA (Soil Survey Staff 1994) considera la humedad y la temperatura del suelo como criterios de diagnóstico en la definición y división de sus categorías y taxones a diferentes niveles de su estructura. En cambio la leyenda revisada de la FAO-UNESCO (1997) describe sus unidades en base a la morfología y a las características físicas y químicas; no considera el criterio climático.

Teniendo en cuenta que los suelos de referencia de esta base de datos fueron clasificados de acuerdo a las normas de la Taxonomía de Suelos del USDA y además de aquellas de la Leyenda revisada de la FAO-UNESCO (1997), hemos considerado conveniente dedicar algunos párrafos sobre el particular, dando énfasis en los parámetros cuyas definiciones y rangos se ajusten mejor a las características y medias edafo-climáticas de estos suelos. Una gran parte de las características de los suelos del mundo, y particularmente aquellas de los suelos de las regiones tropicales húmedas, se deben a la acción de estos elementos sobre el material parental a través del tiempo. En efecto, estos elementos en combinación conjunta con los otros factores de formación de suelos, particularmente con el material parental, condicionan, determinan y regulan gravitadamente los procesos físicos, químicos y biológicos.

Sin entrar en detalles, la Taxonomía de Suelos del USDA establece como límite superior de la "sección control de humedad del suelo", la profundidad de humedecimiento de un suelo seco (suelo que tiene una tensión de humedad mayor de 15 bares) a 24 horas de aplicación de 2,5 cm de agua; y, como límite inferior, la profundidad de humedecimiento del mismo suelo seco a 48 horas de la aplicación de 7,5 cm de agua. Simplificando la aproximación propuesta por USDA, la "sección control de humedad del suelo" podría ser establecida a partir de la clase textural del suelo como sigue: de 10 a 30 cm debajo de la superficie del suelo, si la clase textural fluctúa entre franca y arcilla; de 20 a 60 cm debajo de la superficie del suelo, si la clase textural fluctúa entre arena franca y franco-arenosa; y de 30 a 90 cm debajo de la superficie del suelo, si la clase textural es arena.

En base al nivel freático y a la presencia o ausencia estacional de retención de agua, a menos de 15 bares, en la "sección control de humedad del suelo", el Soil Survey Staff (1994) ha definido 5 regímenes de humedad del suelo, a saber: "Aquic", "Aridic" y "Torric", "Udic", "Ustic" y "Xeric". De acuerdo a las características climáticas del área involucrada, los suelos de referencia están inmersos dentro del régimen de humedad "udic", y más específicamente, dentro del régimen de humedad "Perudic", llamado así por ser extremadamente húmedo. Este régimen de humedad es característico de climas donde la precipitación excede a la evapotranspiración potencial en todos los meses, la mayor parte de los años.

### Apéndice 5.3 continuación

La temperatura del suelo, es el otro criterio climático de clasificación, considerado por la Taxonomía de Suelos del USDA. El régimen de temperatura del suelo, a una profundidad de 50 cm de la superficie, o a un contacto lítico o para-lítico, fue el criterio de diferenciación para el establecimiento de las clases de regímenes de temperatura del suelo. La Taxonomía de Suelos del USDA considera seis regímenes de temperatura del suelo, a saber: "Pergelic", "Cryic", "Frigid", "Mesic", "Thermic" e "Hyperthermic" y en el segundo, cuatro regímenes, a saber: "Isofrigid", "Isomesic", "Isothermic" y el "Isohyperthermic". De acuerdo a las características climáticas del área involucrada, los suelos de referencia del CRISAP están inmersos dentro del régimen Isohyperthermic.

### DESCRIPCIÓN DEL LUGAR Y DEL PERFIL

A continuación, se presenta la información que formó parte de la descripción general del lugar, esta sigue de cerca la secuencia incluida en la Guía de campo del ISRIC.

- ☐ **Localización.** Se indica lo más detalladamente posible; desde lo más general hasta lo más específico. (por ejemplo Loreto, Maynas, Iquitos, San Gerardo, carretera Iquitos-Nauta, km 13, aprox. a 1250 m de la cuneta derecha). También se registran las coordenadas geográficas.
- ☐ **Material parental.** Es el material no consolidado mineral (roca primaria) u orgánico, a partir del cual se presume se ha desarrollado el suelo.
- ☐ **Textura materia parental.** Se registra la que más convenga. Antes de decidir, se recomienda determinar la textura al tacto de los 100 cm superiores. La fracción inorgánica predominante tendrá mucho peso en el momento de tomar la decisión final (por ejemplo "arcillosa").
- ☐ **Geoforma.** Se registra según una lista con aproximadamente 40 tipos de geo-formas (por ejemplo "colina baja").
- ☐ **Posición del lugar.** Se registra la posición del lugar dentro de la unidad geomorfológica, incluyendo la gradiente de la pendiente donde se encuentra la calicata incluyendo la forma.
- ☐ **Agua y drenaje:** Se registra la profundidad ó la fluctuación de la tabla de agua en el suelo, ó frecuencia / tiempo / nivel de inundaciones. Además se describe la facilidad y rapidez con la que el agua es removida desde la superficie del suelo, y la clase de drenaje que corresponde de acuerdo a las condiciones de drenaje del suelo.
- ☐ **Erosión.** Se registra el grado (intensidad) y el tipo de erosión.
- ☐ **Vegetación / uso de la tierra.** Se registra el tipo de vegetación natural existente o el tipo de uso de la tierra.

La descripción del perfil debe ser breve y de fácil entendimiento. En lo posible, debe estar formada por dos partes: la primera debe proporcionar información sobre profundidad, condición de drenaje, color, textura y estructura. La segunda, de carácter "facultativa", debe centrarse en rasgos claramente visibles que el investigador considere importante precisar.



*Apéndice 5.3 continuación*

- ❑ Para calificar la profundidad, se consideró 5 clases y/o rangos (en cm): muy superficial (0-20), superficial (20-50), moderadamente profundo (50-100), profundo (100-150) y muy profundo (>150).
- ❑ Para calificar las condiciones de drenaje, se consideraron 6 clases: excesivamente drenado, bien drenado, moderadamente bien drenado, imperfectamente drenado, pobremente drenado y muy pobremente drenado.
- ❑ Para calificar el color, cuando el perfil no presentó contrastes significativos en esta característica, se registró el color del horizonte más prominente (generalmente, el color del horizonte más grueso). En el caso contrario, primero se registró el color del suelo superficial (horizonte A), luego, el color del subsuelo (horizonte B), relacionándolo con aquel del suelo superficial, a través de la conjunción "a"; seguidamente se anotó el color de la zona de transición (por ejemplo horizonte AB), cuando esta estaba presente, utilizando la expresión: "pasando por". Si el horizonte B, presentaba sub-horizontes, por ejemplo: Bw, Btc y Bcv, se precisó, en esta parte, el color de los mismos. Las determinaciones de color fueron hechas con la ayuda de la tabla Munsell Soil Color Charts (Munsell Color 1990).
- ❑ Para calificar la textura, cuando el perfil no presentó variaciones grandes en esta característica, se precisó la clase textural predominante; en el caso contrario se procedió en forma similar a la descripción del color (segundo caso).
- ❑ Para calificar la estructura se consideró sus 3 elementos: grado, tamaño y forma. Hasta donde fue posible se efectuó de manera general; caso contrario, se procedió en forma similar a la descripción del color (segundo caso).

Para ilustrar la aplicación de estas directivas a casos concretos, se presenta a continuación, a manera de ejemplo, la descripción del perfil PE051: Moderadamente profundo, bien drenado, pardo oscuro a pardo amarillento y pardo fuerte, pasando por pardo amarillento oscuro; franco a arcilla, pasando por franco arcilloso. Suelo superficial (horizonte Ap) delgado (0-5 cm); subsuelo (horizonte B) espeso, sin decrecimiento evidente de la concentración de arcilla con la profundidad; material con características transicionales media, entre el suelo y el subsuelo.

#### MÉTODOS ANALÍTICOS

En esta parte se precisa los métodos analíticos utilizados en las determinaciones físicas, químicas y mineralógicas, en los tres laboratorios de suelos antes mencionados. Cuando dos laboratorios utilizaron el mismo método analítico para cuantificar la misma característica, para evitar repeticiones, se utilizó la expresión "ídem", siguiendo el nombre del laboratorio que utilizó la misma metodología (ejemplo: ídem al Laboratorio del ISRIC). A continuación se presenta, en forma resumida, esta información.

Apéndice 5.3 continuación

Laboratorio de Suelos del ISRIC

La información que se incluye a continuación constituye un resumen del Documento Técnico N° 9 del International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) (Van Reeuwijk 1993).

- ❑ **Preparación.** Las muestras de suelos, antes de ser sometidas a los diferentes análisis de caracterización, fueron secadas al aire, retiradas las raíces, molidas con rodillo y pasadas a través de un tamiz de 2 mm. Luego se determinó el contenido de humedad, secando la muestra a la estufa, a 105 °C hasta lograr un peso constante.
- ❑ **pH-H<sub>2</sub>O.** Se utilizó la relación suelo:agua: 1 : 2,5; 20 gramos de suelo fueron agitados en 50 ml de agua deionizada, durante 2 horas, efectuándose la lectura del pH, luego de introducir el electrodo en la parte superior de la suspensión.
- ❑ **CE.** Se utilizó la relación suelo:agua 1 : 2,5; la lectura se hizo luego de introducir el electrodo en la suspensión.
- ❑ **Textura.** Se utilizó el método de la pipeta para las diferentes fracciones de arcilla y limo, y el método de los tamices, para las diferentes fracciones de arena. La muestra de suelo fue tratada con peróxido de hidrógeno al 15 %, en frío, durante 12 horas, luego fue sometida a baño maría, regulado a más o menos 80 °C, calentándose después sobre una plancha, durante una hora. Seguidamente, se agregó el agente dispersante (20 ml de solución de hexametáfosfato de sodio, al 4 % e, hidróxido de sodio, al 1 %), agitándose la suspensión toda la noche antes de ser pasada a través de un tamiz de 50 mm. Las partículas de arenas, retenidas sobre los diferentes tamices, fueron secadas a 105 °C y pesadas. Las partículas de arcilla y de limo fueron determinadas usando pipeta desde un cilindro de sedimentación. A continuación se presentan las diferentes partículas determinadas (en mm), de cada una de ellas. Entre las partículas de arena: arena muy gruesa (2,0-1,0 mm de diámetro), arena gruesa (1,0-0,50 mm), arena media (0,5-0,25 mm), arena fina (0,25-0,10 mm) y arena muy fina (0,10-0,05 mm). Entre las partículas de limo: limo grueso (0,05-0,020 mm) y limo medio-fino (0,02-0,002 mm). Como partículas de arcilla todas las partículas < de 0,002 mm de diámetro. La arcilla dispersable en agua fue obtenida usando pipeta, desde un cilindro de sedimentación, después de haber sacudido 20 gramos de suelo en agua deionizada, durante 16 horas.
- ❑ **Bases cambiables y CIC (Capacidad de Intercambio Catiónica).** Las bases intercambiables fueron obtenidas percolando la muestra de suelo con acetato de amonio 1 M, a pH 7, usando un extractor automático. Cuando la CE fue mayor que 0,5 mS, fue necesario aplicar un pre-lavado con etanol al 80 %. Los cationes fueron determinados por absorción atómica. La CIC fue determinada ejecutando los pasos siguientes: saturando el suelo con una solución de acetato de sodio 1 M, ajustada a pH 7; lavando el exceso de Na con etanol al 80 %, y retirando todo el Na desde las posiciones de cambio del suelo; lavando éste, con una solución de acetato de amonio 1 M, ajustada a pH 7. La CIC del suelo fue estimada a partir de la cuantificación del sodio retirado desde la fase sólida. La determinación cuantitativa se efectuó por espectrofotometría atómica.
- ❑ **Acidez y aluminio cambiabile.** La acidez y el aluminio intercambiable del suelo, fueron extractados con una solución de KCl 1 M. La acidez intercambiable (H<sup>+</sup> Al<sup>3+</sup>) fue obteni-

*Apéndice 5.3 continuación*

da titulando el extracto con una solución de NaOH. El Al fue cuantificado por absorción atómica.

- ❑ **Carbonatos.** Se utilizó el método de la pipeta. La muestra fue tratada con ácido valorado, determinándose por titulación la cantidad de ácido no utilizado en la neutralización. La concentración de carbonatos fue determinada a partir la diferencia entre el ácido aplicado y el ácido no utilizado en la reacción.
- ❑ **Carbón orgánico.** Se utilizó el método de Walkley-Black. La muestra fue tratada con una mezcla de dicromato de potasio y ácido sulfúrico. El dicromato en exceso fue titulado con una solución valorada de sulfato ferroso. La concentración de carbón en la muestra fue determinada a partir de la diferencia entre la cantidad de dicromato aplicado y la cantidad de dicromato no utilizado en la oxidación. Debido a que esta reacción no fue completa los resultados obtenidos fueron multiplicados por un factor de corrección de 1,3.
- ❑ **Nitrógeno total.** Se utilizó el procedimiento de Micro-Kjeldahl. La muestra fue digerida en ácido sulfúrico utilizando selenio como catalizador. Luego, el amonio fue destilado y recogido en ácido bórico, siendo después titulado con ácido sulfúrico de normalidad exacta.
- ❑ **P-disponible (Bray-1).** El fósforo fue extractado con una mezcla de HCl 0,025 M +  $\text{NH}_4\text{F}$  0,03 M y determinado colorimétricamente.
- ❑ **P-disponible (Olsen).** El fósforo fue extractado con una solución de  $\text{NaHCO}_3$  0,5 M a pH 8,5 y determinado colorimétricamente.
- ❑ **Retención de P.** La muestra de suelo fue sometida a agitación con una solución de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  + acetato de sodio, de 1000 mg de P/l, ajustada a pH 4,6, durante 16 horas. La capacidad de retención de fósforo del suelo fue estimada a partir de la diferencia entre el fósforo aplicado y el fósforo presente en el sobrenadante, luego de la agitación. Este último fue determinado colorimétricamente.
- ❑ **Fierro, aluminio, manganeso y silicio extractables.** El fierro, aluminio y manganeso "libres" fueron extraídos agitando la muestra con una solución de citrato de sodio al 1,7 % + ditionito de sodio al 1,7 %, durante 16 horas. El fierro, aluminio y silicio "activos" fueron extraídos agitando la muestra con una solución de acetato de amonio ácido 0,2 M a pH 3, durante 4 horas, en la oscuridad. El fierro y aluminio "enlazados orgánicamente" fueron extraídos agitando la muestra con una solución de pirofosfato de sodio 0,1 M, durante 16 horas. La cuantificación de las diferentes formas químicas se efectuó por absorción atómica.
- ❑ **Mineralogía de arcillas.** La arcilla fue separada tal como se indica en el análisis del tamaño de partículas. Entre 10 y 20 mg de arcilla fueron analizados según la técnica de "láminas orientadas", usando el difractómetro Philips.
- ❑ **Composición elemental.** La "tierra fina" fue secada, incinerada y fundida con tetraborato de litio. La "cuenta" formada fue analizada por espectroscopia fluorescencia de rayos X.



Apéndice 5.3 continuación

- ❑ **Retención de humedad.** Las determinaciones de humedad fueron hechas sobre muestras no disturbadas (en cajas de sedimento, en el caso de pF's 1,0, 1,5 y 2,0 y en cajas de caolinita, en el caso de pF's 2,3, y 2,7) y sobre muestras disturbadas, en olla de alta presión, en el caso de pF's: 3,4 y 4,2.
- ❑ **Densidad aparente.** La densidad aparente fue obtenida a partir del peso seco de la muestra no disturbada de volumen conocido.

Laboratorio de Suelos de la FUCA

A continuación se presenta una breve descripción de los métodos de análisis utilizados en los Laboratorios de Suelos de la Facultad Universitaria de Ciencias Agronómicas de Gembloux, Bélgica (Geets *et al.* 1975).

- ❑ **Preparación.** Idem al Laboratorio del ISRIC.
- ❑ **pH-H<sub>2</sub>O.** Se utilizó la relación suelo:agua 1 : 2,5; 20 gramos de suelo fueron agitados en 50 ml de agua destilada, durante 0,5 horas, efectuándose la lectura del pH en el centrifugado.
- ❑ **Distribución del tamaño de partículas.** Se utilizó el método del hidrómetro de cadena (Geets *et al.* 1975).
- ❑ **Bases intercambiables y CIC.** Las bases cambiables fueron obtenidas utilizando la misma metodología del Laboratorio del ISRIC. De manera general, la CIC fue determinada ejecutando los pasos siguientes: saturando el suelo con una solución tamponada de BaCl<sub>2</sub> 0,2 N a pH 8,1; por adición de trietanolamina; lavando el exceso de Ba con agua destilada, y retirando todo el Ba desde las posiciones de cambio del suelo, lavando, éste, con HCl 0,05 N. La CIC del suelo fue estimada a partir de la cuantificación del Ba retirado desde la fase sólida (presente en el percolado). La determinación cuantitativa se efectuó en el Tecktrón.
- ❑ **Acidez y aluminio intercambiables.** Idem al Laboratorio del ISRIC
- ❑ **Carbón orgánico.** Se utilizó el método de Springer-Klee modificado. La muestra fue tratada con dicromato de potasio y ácido sulfúrico al 56 %. Luego de un calentamiento inicial progresivo, ésta fue sometida, exactamente, a 10 minutos de ebullición. La concentración de carbón en la muestra fue determinada siguiendo la misma deducción del Laboratorio del ISRIC.
- ❑ **Nitrógeno total.** Idem al Laboratorio del ISRIC.
- ❑ **P-disponible (Bray-1).** Idem al Laboratorio del ISRIC.
- ❑ **P-disponible (Olsen).** Idem al Laboratorio del ISRIC
- ❑ **Retención de P.** Se utilizó el método de Enwezor (1978). Un gramo de muestra fue sometido a agitación, con 25 ml de una solución de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, conteniendo 10 mg de P/1 (10 ppm de P), durante 24 horas. El fósforo absorbido, fue estimado a partir de la dife-

Apéndice 5.3 continuación

rencia entre la concentración inicial de la solución de fósforo y aquella del extracto, luego de la agitación. El fósforo en, este último, fue determinado colorimétricamente.

❑ **Fierro y aluminio "libres".** El fierro y aluminio "libres" fueron extraídos usando un método combinado (el método de Deb, para el fierro y el de Tamm, para el aluminio). Dos gramos de muestra, 33 ml de reactivo de Tamm (ácido oxálico + axalato de amonio) y 1 gramo de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  (hidrosulfito de sodio) fueron sometidos a baño maría, regulado a 60 °C, durante 15 minutos. Siguiendo una agitación (30 minutos), centrifugación y colecta del sobrenadante. Luego de repetir tres a cuatro veces este proceso, se filtró y se llevó a volumen los sobrenadantes colectados. La determinación del fierro y aluminio "libres" se efectuó por absorción atómica, directamente a partir del filtrado.

❑ **Mineralogía de arcillas.** Idem al Laboratorio del ISRIC

**Laboratorio de Suelos de EEASR**

A continuación presentamos una breve descripción de los métodos de análisis utilizados en los Laboratorios de Suelos de la Estación Experimental Agrícola "San Ramón" de Yurimaguas (Ayre & Ramón 1987).

- ❑ **Preparación.** Fue muy similar al procedimiento seguido en los Laboratorios de Suelos del ISRIC, excepto que, en este Laboratorio, el molido se efectuó con un molino de martillo.
- ❑ **pH-agua.** Se utilizó la misma relación suelo:agua que en los Laboratorios del ISRIC, es decir: 1:2,5 pero varió el tiempo y la velocidad de agitación; en este caso, la muestra fue agitada, durante 5 minutos, a 400 rpm.
- ❑ **Textura.** Se utilizó el método del hidrómetro o de Bouyucos. Este método se basa en la sedimentación continua de la suspensión de suelo a través del tiempo. La densidad de la suspensión fue medida en una probeta de sedimentación, con un hidrómetro especial denominado hidrómetro de Bouyoucos. A los 40 segundos y 2 horas de iniciado el proceso de sedimentación, se efectuó la primera y segunda lectura, para estimar la cantidad de arcilla + limo y arcilla sola, respectivamente. A partir de la diferencia entre el peso inicial y el peso de arcilla + limo se obtuvo la cantidad de arena y a través de la diferencia entre 100 y el peso de arena + arcilla, se obtuvo la cantidad de limo. A partir de estos resultados, en términos relativos y haciendo uso del triángulo textural, se determinó la clase textural de la muestra.
- ❑ **Acidez y bases intercambiables.** La acidez y bases intercambiables del suelo fueron extraídas con una solución de KCl 1 N. La acidez intercambiable fue obtenida siguiendo el mismo procedimiento utilizado en el ISRIC. Las bases intercambiables fueron determinadas por absorción atómica.
- ❑ **Carbón orgánico.** Se utilizó el método de Nelson & Sommers (1975). La muestra fue tratada con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado a 145-155 °C, exactamente, durante 30 minutos. La concentración de carbón fue determinada a partir de la diferencia entre la cantidad de dicromato aplicado y la cantidad de dicromato no utilizado en la oxidación. Según estos autores, con este método se logra la oxidación total.

### Apéndice 5.3 continuación

Con el fin de posibilitar su comparación con los resultados proporcionados por el ISRIC, éstos fueron multiplicados por 0,58.

- **Nitrógeno total.** Se utilizó el procedimiento de Kjeldalh. De manera general, el procedimiento fue similar al utilizado en el ISRIC.
- **P-disponible, K-cambiable y microelementos.** Estos elementos fueron extraídos con  $\text{NaHCO}_3$  0,5 M (con EDTA 0.01 M y 0,05 g de Superfloc-127 por un litro de solución), utilizando la relación suelo:extractante de 1:10. El extracto fue obtenido luego de someter la suspensión de suelo a agitación durante 10 minutos, a 400 rpm y de filtrar la misma. El fósforo fue determinado colorimétricamente y el potasio y microelementos por absorción atómica.

### Escalas interpretativas de las clases características químicas de los suelos

Cada característica del suelo fue evaluada con una escala interpretativa de tres a seis clases, indicadoras del grado de limitancia de la característica. Las fronteras de clase (los límites de clases) de las escalas interpretativas se dan en las mismas unidades químicas de la característica motivo de evaluación. Las escalas interpretativas de las características químicas evaluadas, fueron las siguientes: **Carbón orgánico** ( $\text{kg kg}^{-1} 10^2$ ) <0,2 muy bajo; 0,2-0,5 bajo; 0,5-1,0 bajo a medio; 1,0-2,0 medio; >2,0 alto. **Acidez pH-H<sub>2</sub>O** <4,5 extremadamente ácido; 4,5-5,0 fuertemente ácido; 5,0-6,0 ligeramente ácido; 6,0-7,0 neutro; 7,0-8,0 ligeramente alcalino; >8,0 alcalino. **CIC efectiva (CICE,  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  del suelo)** < 4 muy baja; 4-8 baja; 8-16 media; >16 alta. **Suma de bases ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  del suelo)** <0,3 muy baja; 0,3-1,0 baja; 1,0-3,0 baja a media; 3,0-10 media; >10 alta. **Saturación de bases** (% , basado en la CICE) <10 bajo; 10-50 medio; 50-90 alto; >90 muy alto. **Saturación de aluminio** (% , basado en la CICE) <10 baja; 10-50 media; 50-90 alta; >90 muy alta. **Acidez intercambiable ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de suelo)** <0,5 baja; 0,5-4,0 media; 4,0-10,0 alta; 10,0-17,0 muy alta. **Fósforo disponible ( $\text{mg kg}^{-1}$  de suelo) – OLSEN** <15 bajo; 15-50 medio; >50 alto. **Limo ( $\text{kg kg}^{-1} 10^2$ )** <10 muy bajo; 10-20 bajo; 20-40 medio; >40 alto. **Arcilla ( $\text{kg kg}^{-2} 10^2$ )** < 5 muy baja; 5-15 baja; 15-40 media; >40 alta.

### CLASIFICACIÓN

Los suelos fueron clasificados de acuerdo a los dos sistemas internacionales más difundidos a nivel del Mundo, es decir, de acuerdo a la Taxonomía de Suelos del USDA (Soil Survey Staff 1994), a nivel de Sub Grupo (o Familia, en algunos casos), y de acuerdo a la Leyenda revisada de la FAO (FAO-UNESCO 1997), al segundo nivel de clasificación. También se menciona la denominación nombre regional, como referencia. Las características generales comparativas de los horizontes de diagnóstico sub-superficiales (de sub-suelo), utilizadas en la clasificación de los suelos según ambos sistemas internacionales, son:

- **Sistema de FAO (1990).** Horizonte B Argico: horizonte significativamente más alto en contenido de arcilla en comparación con el horizonte superior; Horizonte B Ferrálico: horizonte de textura media a fina, bajo contenido de limo, baja capacidad de retención de nutrientes y bajo contenido de minerales meteorizables; y Horizonte B Cámbico: horizonte de textura media a fina y carente de propiedades correspondientes a los horizontes B Argico y B Ferrálico (en este texto).



Apéndice 5.3 continuación

- ❑ **Taxonomía de suelos** (Soil Survey Staff 1995). Horizonte Argílico: semejante al horizonte B Argico; Horizonte Kándico: semejante al horizonte B Argico (excepto el: requerimiento de incremento brusco de arcilla en menos de los 1,5 cm de su límite superior; no requerimiento de revestimientos de arcilla; baja capacidad de retención de nutrientes); Horizonte Oxico: semejante al horizonte B Ferrálico, pero sin una restricción en el contenido de limo; y Horizonte Cámbico: semejante al horizonte B Cámbico.

De manera general, la clasificación de los suelos, de acuerdo a los criterios establecidos por ambos sistemas, implicó los pasos siguientes: determinación de los regímenes de humedad y temperatura del suelo, determinación de los horizontes de diagnóstico de superficie (ó epipedones), determinación de los horizontes de diagnóstico de sub-superficie, y clasificación de los suelos a partir de las determinaciones anteriores y de otras características y/o propiedades que consideren los sistemas.

En el caso de la Taxonomía de suelos, una vez determinado el horizonte de diagnóstico sub-superficial, procediendo, siempre, de acuerdo a las directivas del Sistema, se determinó sucesivamente: el Orden, Sub-orden, Gran grupo y Sub-grupo. Con el fin de clasificar los suelos a nivel de Familia, se procedió a caracterizar éstos en clases, de acuerdo a los criterios siguientes: tamaño de partículas, mineralogía, reacción (pH), temperatura del suelo, profundidad, revestimiento y grietas. Estas caracterizaciones se efectuaron en segmentos del perfil del suelo, específicamente delimitados, denominados genéricamente, "Sección Control" que fue determinada haciendo uso de las claves propuestas por el Sistema.

Todos los suelos de referencia que forman parte de la presente base de datos, están inmersos dentro del régimen de humedad del suelo "perúdico" y dentro del régimen de temperatura del suelo "isohipertérmico". Todos los suelos, con excepción de los suelos más recientes (Tropofluent) y los suelos de "aguajal" (Tropofibríst), presentan un epipedón "Ocrico".

Contrariamente a los epipedones, los horizontes sub-superficiales, presentan un rango de variabilidad más amplio, el mismo que está directamente relacionado al origen, naturaleza y tiempo del material parental. Tal como se precisa a continuación:

- ❑ Los suelos formados a partir de materiales fluviales con antecedentes marino-lacustrino muy antiguos, predominantemente finos (suelos de referencia: PE012, PE015 y PE062), frecuentemente, presentan horizontes sub-superficiales: Cámbicos o Argílicos.
- ❑ Los suelos formados a partir de materiales aluviales antiguos, predominantemente gruesos (suelos de referencia: PE001, PE003, PE032, PE004 y PE013), generalmente presentan un horizonte sub-superficial: Espódico, cuya profundidad depende de varios factores, siendo entre otros: el grado de meteorización y la granulometría del material parental, la naturaleza del material orgánico de superficie, las condiciones climáticas (principalmente las precipitaciones), el relieve y, en cierto modo, el uso y manejo del área.
- ❑ Los suelos formados a partir de materiales fluviales antiguos, de origen andino y textura variada (suelos de referencia: PE064, PE069, PE030, PE014, PE026, PE027, PE065, PE028, PE051, PE053, PE054 y PE055), presentan horizontes sub-superficiales: Argílicos, kándicos, Oxicos u Cámbicos.
- ❑ Los suelos formados a partir de materiales fluviales sub-recientes, con influencia de materiales de origen marino-lacustrino y andino, de textura predominantemente fina

(suelos de referencia: PE056, PE057, PE061 y PE062), presentan horizontes sub-superficiales: Argílicos y Cámbicos.

- ❑ Los suelos formados a partir de materiales fluviales recientes y muy recientes, de origen andino y texturas predominantemente media-gruesa o media-fina (suelos de referencia: PE005, PE067, PE069, PE077, PE074, PE050 y PE071), generalmente no presentan horizonte sub-superficial y cuando éste se encuentra presente, es: Cámbico.

## **RESULTADOS ANALITICOS**

A fin de lograr una comprensión más detallada sobre la variabilidad de los suelos, al interior del área involucrada, se presenta en la continuación del presente Apéndice, los resultados analíticos así como la clasificación natural de los suelos de referencia, que forman parte de la presente base de datos, según ambos sistemas internacionales.

- Código del suelo** : PE001
- Descripción general del lugar**
- Fecha : 5/91
  - Autor (es) : F. Urcuuaranga, R. Fernandez y G. Paredes
  - Localización : Loreto, Maymas, Iquitos, Quistococha, carretera Iquitos-Nauta, Km 0., aprox. a 500 m del lago Quistococha.
  - Coord. Geográficas : L.S.: 3° 49' 43" L.O.: 73° 19' 24"
  - Material parental : aluvial muy antiguo; posiblemente proveniente de las Guayanas; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Ipururo. La podzolización, habría determinado las características actuales de este material: arena cuarzosa blanca-grisácea.
  - Geoforma : terraza media
  - Posición : planicie
  - Pendiente : gradiente : 2% forma : recta
  - Inundación : frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
  - Agua de escorrentía : lenta
  - Erosión : grado : ligero tipo : laminar
  - Vegetación/ uso de la tierra : Bosque secundario degradado ("purma"). La vegetación original fue el bosque primario tipo "varillal"<sup>1</sup>
- Descripción general del perfil:** moderadamente profundo, excesivamente drenado, gris parduzco claro, arenoso suelto; horizonte E fuertemente contrastante en color, estructura y consistencia con el horizonte B-espódico, a partir de 66 cm de prof. Este perfil, bajo la forma de "monolito", forma parte de la colección de suelos de referencia del CRISAP<sup>2</sup>.
- Clasificación**
- USDA (SSS, 1994) : Haplorthod Típico, arenoso, silíceo, isohipertérmico.
  - FAO-Unesco-ISRIC (1997) : Podzol Háptico
  - Local : "Altura"

<sup>1</sup> Bosque con predominio de especies arbóreas con "dap" < 15 cm.

<sup>2</sup> Centro de Referencia e Información de Suelos de la Amazonia Peruana - Iquitos.

PE001

**Características físicas:**

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Ar.	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	13	0.5	7.0	56.5	22.4	4.9	91.9	3.9	4.1	8.0	0.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
13	25	0.6	6.8	54.1	23.1	5.6	90.2	5.4	4.1	9.5	0.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
25	86	0.6	7.3	58.0	21.2	4.6	91.7	5.2	3.2	8.4	0.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
86	83	0.9	7.2	58.7	20.0	4.7	91.5	4.6	2.6	7.2	1.3	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
83	106	1.1	7.0	58.8	20.4	4.5	91.8	4.0	3.8	7.8	0.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
106	125	0.8	6.0	57.0	21.0	4.2	89.0	4.5	3.7	8.2	2.7	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
125	185	0.6	6.9	59.2	18.3	4.6	89.6	4.0	3.9	7.9	2.5	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

**Características químicas:**

La	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Ni carb.	CIC acido	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. N	C.E.
0	13	4.5	3.8	-1.0	0.03	0.03	0.2	0.0	0.1	0.0	0.3	0.5	0.2	0.9	-1	2.2	0.8	33	22	0.03
13	25	4.4	4.0	-1.0	0.25	0.02	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.5	-94	0.9	0.5	40	0	0.03
25	86	4.7	4.3	-1.0	0.12	0.01	0.2	0.0	0.2	0.0	0.4	0.2	0.0	0.7	-1	0.4	0.6	57	0	0.02
86	83	4.7	4.3	-1.0	0.18	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.5	-10	0.6	0.4	0	40	0.02
83	106	4.9	4.6	-1.0	0.21	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	1.4	167	0.7	0.4	0	14	0.02
106	125	4.9	4.6	-1.0	0.56	0.04	1.4	0.0	0.2	0.0	1.6	0.9	0.5	3.1	43	2.0	2.5	52	16	0.02
125	185	5.0	4.7	-1.0	0.74	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.5	3.7	45	2.6	0.8	0	14	0.02

**Características mineralógicas:**

La	U	Caol.	M.B.	Verm.	Chc.	Epm.	Hall.	Msc.	Quar.	Feld.	Olts.	Oxal.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt.-c.m.
0	13	4	1			3			8	4							MINX-epiphyllite
13	25	4	1			3			8	4							MINX-epiphyllite
25	86	4	1			3			8	4							MINX-epiphyllite
86	83	4	1			3			5	4							MINX-epiphyllite
83	106	4	1			3			8	4							MINX-epiphyllite
106	125																
125	185	4							4	4							

**Características químicas especiales:**

La	U	Fe.d	Al.d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe.p	Al.p	P-nt.	pHNaF	P-0.05m	P-0.01m
0	13	-1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
13	25	-1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
25	86	-1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
86	83	-1.00	-1.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
83	106	-1.00	-1.00	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	-1	-1.0	-1.0	-1.0
106	125	-1.00	-1.00	0.20	0.40	0.00	0.20	0.30	-1	-1.0	-1.0	-1.0
125	185	-1.00	-1.00	0.10	0.80	0.10	0.10	0.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0



Código del suelo	: PE002
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 6/91
- Autor (es)	: R. Fernandez, J.H. Kauffman, G. Paredes y A. Linna
- Localización	: Loreto, Maynas, Iquitos, carretera Iquitos-Nauta, Km 21, aprox. a 500 m de la cuneta izquierda.
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 58' 39" L.O.: 73° 25' 5"
- Material parental	: aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Iquitos.
- Geoforma	: colinas bajas
- Posición	: pendiente superior
- Pendiente	: gradiente : 25% forma : recta-lig. cóncava.
- Inundación	: frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: media
- Erosión	: grado : ligera tipo : laminar
- Vegetación/ uso de la tierra	: Pastura degradada (pasto "castilla"), prácticamente asfixiada por el pasto natural conocido como "toro-urco".
Descripción general del perfil:	muy profundo, bien drenado, pardo amarillento, arenoso-franco; suelo superficial (horizonte Ap) delgado (8 cm), pardo grisáceo muy oscuro, subyaciendo una zona de transición (horizonte AB), de 17 cm, ligeramente moteada, y, luego, una zona de iluviación (horizonte B) muy gruesa, pero bastante discreta en su incremento de arcilla con la profundidad. Este perfil, bajo la forma de "monolito", forma parte de la colección de suelos de referencia del CRISAP <sup>3</sup> .
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Dystrypept Oxico, franco-grueso, caolínico, iso-hipertérmico.
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Cambisol Ferrálico
- Local	: "Altura"

<sup>3</sup> Centro de Referencia e Información de Suelos de la Amazonia Peruana - Iquitos.

## PE002

## Características físicas:

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arc.	De	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	2	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
2	8	0.3	2.5	37.5	47.8	7.3	94.6	2.1	1.8	4.0	1.5	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
8	25	0.4	2.0	31.7	47.8	9.7	89.8	3.9	2.8	6.5	3.7	1.48	41.5	41.4	34.3	13.5	10.8	8.8	3.4	3.1
25	52	0.2	2.1	27.9	44.1	9.5	82.9	5.5	2.4	7.8	9.2	1.35	41.7	30.9	31.8	26.8	24.8	22.2	7.3	5.8
52	93	0.3	1.7	26.0	42.4	10.0	81.4	4.6	6.0	10.8	7.8	1.35	40.5	30.1	30.3	24.8	22.8	20.5	8.1	6.8
93	140	0.2	1.8	24.8	41.4	9.5	77.5	5.8	3.8	8.4	13.1	1.46	36.8	36.8	29.7	21.8	19.5	17.9	11.1	9.1
140	185	0.3	1.3	25.1	42.4	9.8	78.7	5.0	2.3	7.3	14.0	1.47	37.7	37.8	27.2	18.0	15.5	13.8	11.4	9.1
185	220	0.1	1.2	22.8	42.1	10.4	77.8	5.0	3.8	8.6	13.9	1.50	35.4	35.4	26.4	18.8	14.5	13.0	11.0	8.2
220	250	0.2	1.2	23.4	42.5	10.5	77.8	5.5	3.0	8.5	13.8	1.51	35.8	35.7	26.1	17.9	15.8	14.2	10.7	8.9
250	300	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.56	40.3	38.1	17.6	8.8	6.0	5.8	5.7	5.2	
300	320	10.8	24.4	31.7	16.6	2.3	85.8	2.0	3.3	5.3	8.9	1.03	33.7	28.8	14.7	9.9	8.2	7.0	5.7	5.4
320	340	0.0	1.2	5.3	2.7	1.6	10.8	8.4	30.4	30.8	48.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	Li	pH	pH	C	H	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac	Al	CIC	CIC	CIC	CIC	Set.	Set.	C.E.
		H <sub>2</sub> O	KCl	CaCO <sub>3</sub>	org.	tot.					carb.	carb.	carb.	carb.	carb.	carb.	base	Al	
0	2	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00
2	8	5.4	5.0	-1.0	1.25	0.06	3.4	0.7	0.2	0.1	4.4	0.10	0.0	4.0	-26	4.4	4.5	110	0.87
8	25	5.4	4.8	-1.0	0.51	0.04	1.2	0.0	0.0	0.0	1.2	0.20	0.0	2.1	9	1.8	1.4	57	0.85
25	52	5.0	4.5	-1.0	0.47	0.04	0.6	0.0	0.0	0.0	0.6	1.20	0.7	2.4	8	1.8	1.8	25	0.83
52	93	4.9	4.4	-1.0	0.34	0.03	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	3.00	0.9	2.5	17	1.2	4.1	8	0.82
93	140	4.7	4.3	-1.0	0.20	0.03	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	1.40	1.1	1.9	9	0.7	1.8	11	0.82
140	185	4.7	4.3	-1.0	0.18	0.02	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	1.30	0.9	1.6	7	0.8	1.5	13	0.82
185	220	4.8	4.3	-1.0	0.13	0.02	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	1.30	0.9	2.1	12	0.5	1.5	10	0.81
220	250	4.9	4.3	-1.0	0.10	0.02	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	1.30	0.7	1.2	6	0.4	1.5	17	0.81
250	300	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00
300	320	4.9	4.3	-1.0	0.01	-1.00	0.8	0.0	0.1	0.0	0.8	1.50	1.1	1.4	15	-1.0	2.4	64	0.81
320	340	4.7	4.0	-1.0	0.00	-1.00	0.2	0.0	0.0	0.1	0.3	8.10	7.8	10.0	20	0.3	8.4	3	0.81

## Características mineralógicas:

La	Li	Caol.	M.B.I.	Verm.	Em.	Hill.	Miz.	Qstr.	Feld.	Qbz.	Qz.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt.-cm.
0	2															
2	8	8			2		2	3	3	1	3	2				MINX-epyrrophylla
8	25	8			2		2	3	3	1	3	2				MINX-epyrrophylla
25	52															
52	93	8			2		2	2	2	3	3	2				MINX-epyrrophylla
93	140															
140	185	8			3		2	1	3	3	3	3				MINX-epyrrophylla
220	250	8			3		2	1	3	3	3	2				MINX-epyrrophylla
300	320	8			2		2			1	1					

## Características químicas especiales:

La	Li	Feld.	Al	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fsp.	Alp.	Pent.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	2	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
2	8	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
8	25	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
25	52	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
52	93	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
93	140	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
140	185	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00

- Código del suelo : PE003
- Descripción general del lugar
- Fecha : 5/91
  - Autor (es) : J. Quispe, R. Fernandez y G. Paredes
  - Localización : Loreto, Maynas, Iquitos, carretera Iquitos-Nauta, Km 3.5, aprox. a 400 m de la cuneta izquierda.
  - Coord. Geográficas : L.S.: 3° 51' 10" L.O.: 73° 20' 10"
  - Material parental : aluvial muy antiguo, posiblemente proveniente de las Guayanas; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Ipururo. La podzolización, habría determinado las características actuales de este material: arena cuarzosa blanca-grisácea.
  - Geoforma : terraza media
  - Posición : planicie
  - Pendiente : gradiente : 1% forma : recta
  - Inundación : frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
  - Agua de escorrentía : lenta
  - Erosión : grado : moderado tipo : laminar
  - Vegetación/ uso de la tierra : cultivos asociados con bajo nivel tecnológico; localmente denominada "Chacra"<sup>4</sup> entre otros, se identificaron los cultivos siguientes: piña, marañón y casho. La vegetación original fue el bosque primario tipo "varillal".
- Descripción general del perfil: muy profundo, excesivamente drenado, gris claro, arenoso; sin horizonte de diagnóstico. Este perfil, bajo la forma de "monolito", forma parte de la colección de suelos de referencia del CRISAP.
- Clasificación
- USDA (SSS, 1994) : Quartzipsamment Típico, arenoso, silíceo, isohipertérmico.
  - FAO-Unesco-ISRIC (1997) : Arenosol Albico
  - Local : "Altura"

<sup>4</sup> Pequeña área "abierta" bajo el sistema tradicional (consistente en el "rozo", "tumba" y "quema" del bosque primario), con fines agrícolas, como en este caso, para la instalación de frutales mayormente nativos, caracterizados por su poca exigencia en nutrientes.

PE003

## Características físicas:

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Ys	L1	L2	T1	Atc.	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	11	0.3	5.6	42.9	38.7	5.7	94.2	3.7	1.7	5.4	0.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
11	21	0.3	6.4	42.9	38.5	5.4	93.5	7.0	2.2	8.2	0.6	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
21	34	0.3	6.2	42.5	38.7	5.6	93.3	3.6	2.7	6.3	0.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
34	83	0.4	5.1	40.5	41.0	5.4	92.4	3.7	3.5	7.2	0.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
83	145	0.3	5.5	41.1	40.2	5.8	92.9	2.7	3.8	6.5	0.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ce	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC org.	CIC erc.	CICE org.	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	11	4.4	3.4	-1.0	1.01	0.06	1.2	0.0	0.1	0.0	1.3	0.00	0.0	2.8	3.5	1.8	46	0	0.05	
11	21	4.4	3.7	-1.0	0.43	0.02	0.4	0.0	0.3	0.0	0.7	0.30	0.0	1.7	33	1.5	41	0	0.04	
21	34	4.7	4.1	-1.0	0.12	-1.00	0.2	0.0	0.3	0.1	0.6	0.10	0.0	0.5	20	0.4	0.7	120	0	0.03
34	83	5.7	5.6	-1.0	0.03	-1.00	0.2	0.0	0.3	0.1	0.6	-1.00	-1.0	0.7	140	0.1	0.8	88	-1	0.03
83	145	5.0	4.7	-1.0	0.06	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.10	0.0	1.2	248	0.2	0.1	0	0	0.02

## Características mineralógicas:

La	U	Clas.	M.B.L.	Verm.	Clas.	Em.	Hol.	Msc.	Quar.	Feld.	Olib.	Gesl.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt.-c.m.
0	11	4							6	2				1			MINX-epiphyllis
11	21																
21	34	4							6	3				2			MINX-epiphyllis
34	83																
83	145	4							6	6				2			MINX-epiphyllis

## Características químicas especiales:

La	U	Fe.d	Al.d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe.p	Al.p	P-tot.	pH <sub>10</sub> F	P-Olsen	P-Bry
0	11	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00
11	21	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00
21	34	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00
34	83	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00
83	145	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00

Apéndice 5.3 continuación

Código del suelo : PE004

## Descripción general del lugar

- Fecha : 10/91

- Autor (es) : S. Kauffman y G. Paredes

- Localización : Loreto, Maynas, Iquitos, E.E.A. "El Dorado", carretera Iquitos-Nauta, Km 18, talud derecho.

- Coord. Geográficas : L.S.: 3° 56' 54" L.O.: 73° 24' 9"

- Material parental : aluvial muy antiguo, posiblemente proveniente de las Guayanas; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Ipururo. La podzolización, habría determinado las características actuales de este material: arena cuarzosa blanca-grisácea.

- Geoforma : terraza alta

- Posición : planicie

- Pendiente : gradiente : 2% forma : recta

- Inundación : frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---

- Agua de escorrentía : lenta

- Erosión : grado : severa tipo : laminar

- Vegetación/ uso de la tierra : Bosque secundario degradado ("purma"). La vegetación original fue el bosque primario tipo "varillal".

**Descripción general del perfil:** profundo, moderadamente bien drenado, fuertemente contrastante en color, estructura y consistencia, y predominantemente arenoso. Truncado (horizontes A y E erosionados), zona iluvial pardo rojiza oscura y masiva (horizonte B-espódico) en superficie; pan de hierro continuo y ondulado, de 1 cm de espesor (horizonte plácico), a 125 cm de profundidad. Este perfil forma parte de la colección de suelos de referencia del CRISAP.

## Clasificación

- USDA (SSS, 1994) : Haplohumud Típico, arenoso, silicoso, isohipertérmico.

- FAO-Unesco-ISRIC (1997) : Podzol Háplico

- Local : "Altura"

## Características físicas:

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arc.	De	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	14	0.1	0.7	24.7	36.8	19.8	84.1	5.8	5.4	11.0	5.1	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
14	36	0.0	0.6	22.8	36.1	20.5	83.0	5.4	6.5	11.9	5.0	1.22	42.8	42.0	38.1	30.9	27.1	24.1	13.2	10.3
36	85	0.0	0.7	21.2	41.4	17.5	80.8	6.7	5.2	11.9	7.4	1.42	43.0	42.5	40.4	36.7	34.3	31.5	13.5	10.8
85	103	0.0	0.6	21.8	37.4	19.1	78.1	6.5	3.0	9.5	12.5	1.46	39.8	36.1	35.8	29.9	23.7	19.9	12.5	11.8
126	150	0.0	1.5	29.8	44.6	11.4	87.1	2.5	2.3	4.8	8.0	1.46	40.3	38.9	28.2	14.0	11.8	10.4	7.7	6.2
103	125	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
125	126	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
150	180	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Stel. base	Stel. Al	C.E.
0	14	4.0	3.5	-1.0	0.05	0.16	0.4	0.0	0.2	0.0	0.8	9.00	7.4	29.1	177	21.2	10.4	2	25	0.06
14	36	5.2	4.7	-1.0	1.20	0.04	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	1.30	0.7	3.8	-8	4.2	1.5	5	18	0.02
36	85	5.2	4.8	-1.0	0.73	0.03	0.2	0.0	0.3	0.0	0.5	0.90	0.5	2.8	3	2.6	1.4	18	16	0.01
85	103	5.2	4.9	-1.0	0.23	0.02	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.80	0.2	1.4	5	0.8	0.8	14	14	0.01
126	150	4.8	4.5	-1.0	0.06	-1.00	0.2	0.0	0.3	0.0	0.5	0.80	0.2	0.7	6	0.2	1.3	71	29	0.01
103	125	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
125	126	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
150	180	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00

## Características mineralógicas:

La	Li	Caol.	M.Bil.	Verm.	Clor.	Esm.	Hall.	Miz.	Quarz.	Feld.	'Olib.	Quarz.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt.-c.m.
0	14	8	2			2	2				3	2		4			MINO+Pyrophyllite
14	36	4				2	2			2	4	2					
36	85	5				2	2			2	4	2					
85	103	6				2	2			2	4	2					
126	150	8				2	3			2	3	3					
103	125																
125	126																
150	180																

## Características químicas especiales:

La	Li	Fe.d	Al.d	Fe.os	Al.os	Si.os	Fe.p	Al.p	P-rel.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	14	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.00	-1	-1.0	-1.0	-1.00
14	36	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.00	0.50	-1	-1.0	-1.0	-1.00
36	85	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.10	0.40	-1	-1.0	-1.0	-1.00
85	103	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.10	0.30	-1	-1.0	-1.0	-1.00
126	150	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	0.20	0.10	-1	-1.0	-1.0	-1.00
103	125	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.00
125	126	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.00
150	180	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.00



Código del suelo	: PE005
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 5/91
- Autor (es)	: R. Fernandez y G. Paredes
- Localización	: Loreto, Maynas, Iquitos, Caserio "El Cañaveral", a 50 m de margen izquierda del río Amazonas (aprox. a 12.5 km "aguas arriba" de la ciudad de Iquitos).
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 47' 10" L.O.: 73° 10' 25"
- Material parental	: aluvial reciente, proveniente de los Andes; depositado en ambientes amazónicos durante el Cuaternario holocénico; forma parte de la Formación Corrientes.
- Geoforma	: dique de llanura de inundación de un complejo de orillares recientes.
- Posición	: parte anterior de explayamiento de dique.
- Pendiente	: gradiente : 2% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : esporádica. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: ---
- Erosión	: grado : --- tipo : ---
- Vegetación/ uso de la tierra	: Cultivos asociados de especies alimenticias nativas (plátano, papaya, yuca y hortalizas). La vegetación original predominante estuvo representada por las especies: gramalote, cañabrava, arrocillo, pashaco y cetico, variando según las diferentes condiciones hídricas del lugar.
Descripción general del perfil:	profundo, algo excesivamente drenado, pardo oscuro, franco-arenoso, sin horizonte diagnóstico; muestra una clara estratificación de capas con diferente tamaño de partículas: característica evidente de sedimentos fluviales de deposición reciente. Este perfil forma parte de la colección de suelos de referencia del CRISAP.
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Tropofluent Tipico, franco-grueso, mezclado, iso-hipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Fluvisol Eutrico
- Local	: Aluvial (restinga media)

PE005

## Características físicas:

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Ave.	Du	pH 0.0	pH 1.0	pH 1.5	pH 2.0	pH 2.3	pH 2.7	pH 3.4	pH 4.2
0	5	0.1	0.1	0.2	0.4	43.3	52.1	27.8	10.2	30.0	10.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
5	13	0.1	0.1	0.3	17.8	50.4	68.7	18.8	5.3	24.1	7.3	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
13	51	0.1	0.1	0.1	3.2	34.8	38.1	37.8	12.3	40.9	12.1	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
51	81	0.1	0.1	0.3	28.8	45.1	74.4	13.6	5.3	18.9	6.7	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
81	87	0.1	0.1	0.3	3.9	48.8	53.3	27.8	0.8	38.8	10.1	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
87	95	0.1	0.1	0.3	13.6	33.5	47.6	25.9	13.1	30.0	13.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
95	121	0.1	0.2	0.3	33.6	39.7	73.9	13.4	3.2	19.8	6.5	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
121	134	0.1	0.1	0.3	13.6	33.5	47.6	25.9	13.1	30.0	13.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
134	150	0.1	0.2	0.3	33.6	39.7	73.9	13.4	6.2	19.8	6.5	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	5	6.0	5.5	-1.0	2.08	0.21	14.9	0.9	0.3	0.4	15.8	-1.0	-1.0	12.1	50	7.3	15.8	129	-1	0.30
5	13	6.4	5.4	-1.0	0.32	0.04	8.1	2.3	0.2	0.2	10.8	-1.0	-1.0	8.3	89	1.1	10.8	130	-1	0.87
13	51	7.1	6.8	1.4	0.30	0.04	12.9	2.3	0.2	0.1	15.5	-1.0	-1.0	8.3	81	1.1	15.5	187	-1	0.19
51	81	7.4	6.5	1.4	0.22	0.03	11.7	1.3	0.1	0.1	13.2	-1.0	-1.0	6.7	80	0.8	13.2	187	-1	0.08
81	87	7.9	7.2	2.4	0.38	0.05	17.5	1.0	0.2	0.1	18.8	-1.0	-1.0	8.7	75	1.3	18.8	216	-1	0.19
87	95	7.8	6.5	1.2	0.19	0.03	11.3	1.3	0.2	0.1	12.9	-1.0	-1.0	6.5	44	0.7	12.9	198	-1	0.08
95	121	8.0	7.2	2.0	0.30	0.04	20.8	2.0	0.1	0.1	23.0	-1.0	-1.0	8.2	113	1.1	23.0	280	-1	0.19
121	134	7.9	7.1	2.4	1.22	0.11	23.4	1.7	0.0	0.1	25.2	-1.0	-1.0	11.2	54	4.3	25.2	225	-1	0.14
134	150	7.9	6.8	1.2	0.32	0.04	10.3	1.0	0.0	0.1	11.4	-1.0	-1.0	6.1	78	1.1	11.4	187	-1	0.08

## Características mineralógicas:

La	Li	Caol.	M.B.L.	Verm.	Clas.	Em.	Hol.	Mic.	Quarz.	Feld.	Giba.	Gast.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expl.-c.m.
0	5																
5	13																
13	51	4	4		2	6				3	2						
51	81	4	4		2	6				3	2						
81	87	4	4		2	6				3	4						
87	95	4	4		2	6				3	2						
95	121	4	4		2	6				3	2						
121	134	4	4		2	6				3	2						
134	150	4	4		2	6				3	2						

## Características químicas especiales:

La	Li	Fed.	Alf.	Fe-ox	Al-ox	Sio-ox	Fsp.	Alg.	P-ox.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	5	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
5	13	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
13	51	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
51	81	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
81	87	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
87	95	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
95	121	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
121	134	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
134	150	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

Apéndice 5.3 continuación

- Código del suelo** : PE012
- Descripción general del lugar**
- Fecha : 1/95
  - Autor (es) : G. Paredes
  - Localización : Loreto, Maynas, Iquitos, "Nuevo Horizonte"- "ex-Petroleros", carretera Iquitos-Nauta, km 46, aprox. a 800 m de la cuneta derecha.
  - Coord. Geográficas : L.S.: 4° 3' 49" L.O.: 73° 26' 42"
  - Material parental : *fluvio-lacustre, muy antiguo, con esporádicas incursiones marinas, posiblemente provenientes de la costa del mar Caribe; depositado en ambientes amazónicos antes de la formación de la cordillera de los Andes, durante el Terciario Superior; formaría parte de la Formación Pebas (caracterizada por su composición lodolítica alternada con capas de arena, lignito y molustos fósiles).*
  - Geoforma : colinas bajas.
  - Posición : área relativamente plana en pendiente media.
  - Pendiente : gradiente : 2% forma : recta
  - Inundación : frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
  - Agua de escorrentía : media
  - Erosión : grado : no erosión tipo : ---
  - Vegetación/ uso de la tierra : Bosque primario alto.
- Descripción general del perfil**: *moderadamente profundo, suelo superficial delgado (horizonte A), delgado (0-5 cm), bien drenado, pardo oscuro, subyaciendo una zona de transición (horizonte AB) moderadamente bien drenada, pardo fuerte, y, luego, el sub suelo más superficial: imperfectamente a pobremente drenado, variable entre rojo amarillento con motas grises y gris con motas amarillo rojizas, arcilloso con incremento moderado con la prof. Este perfil forma parte del CRISAP.*
- Clasificación**
- USDA (SSS, 1994) : Distropept Acuíco, fino, montmorillonítico, isohipertérmico.
  - FAO-Unesco-ISRIC (1997) : Cambisol Dístico
  - Local : "Altura"

PE012

**Características físicas:**

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	Ti	Ar	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	5	0.2	0.5	0.0	4.0	8.3	14.7	13.2	30.0	43.2	42.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
5	22	0.3	0.3	0.3	3.0	5.5	10.2	16.0	25.6	42.5	47.3	1.005	50.1	48.0	47.0	45.6	43.3	42.2	40.1	34.8
22	46	0.4	0.6	0.7	4.2	5.9	11.8	12.0	23.0	35.0	53.3	1.214	54.1	52.4	51.0	50.1	48.2	47.3	44.6	38.7
46	86	0.2	0.3	0.3	0.8	1.4	3.0	13.1	25.5	30.8	50.5	1.202	56.5	55.2	54.6	53.8	52.4	51.8	51.0	45.6
86	98	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	2.0	7.1	33.4	40.5	57.8	1.205	54.8	52.7	51.9	50.2	48.4	47.5	46.5	42.6
98	125	0.0	0.0	0.0	0.4	3.3	3.7	9.2	24.9	34.1	62.1	1.405	56.0	49.7	49.2	47.6	45.0	43.0	42.0	40.3
125	150	0.0	0.0	0.0	0.2	1.1	1.3	8.6	31.1	39.7	59.0	1.374	54.8	54.7	54.3	52.8	49.8	48.0	47.2	41.8

**Características químicas:**

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sat. base	Sat. Al	C.E.
0	5	-1.0	4.2	-1.0	5.44	-1.00	17.6	0.7	0.0	0.3	18.6	0.8	-1.0	30.8	-1	-1.0	19.4	61	30	-1.00
5	22	-1.0	3.5	-1.0	1.24	-1.00	4.6	0.3	0.0	0.2	5.1	13.8	-1.0	22.8	-1	-1.0	18.6	22	78	-1.00
22	46	-1.0	3.5	-1.0	0.79	-1.00	3.4	0.2	0.0	0.2	3.8	16.4	-1.0	23.8	-1	-1.0	20.2	16	84	-1.00
46	86	-1.0	3.5	-1.0	0.54	-1.00	8.7	0.2	0.0	0.4	7.3	21.0	21.0	32.5	-1	-1.0	28.3	22	78	-1.00
86	98	-1.0	3.6	-1.0	0.21	-1.00	14.8	0.3	0.0	0.3	15.4	15.2	15.2	36.2	-1	-1.0	30.6	43	57	-1.00
98	125	-1.0	7.0	-1.0	0.15	-1.00	70.1	1.0	0.1	0.2	71.4	0.0	0.0	37.0	-1	-1.0	71.5	100	0	-1.00
125	150	-1.0	7.0	-1.0	0.08	-1.00	58.8	1.7	0.1	0.4	62.0	0.0	0.0	41.7	-1	-1.0	62.1	100	0	-1.00

**Características mineralógicas:**

La	Li	Caol.	M.B.L.	Verm.	Clor.	Emm.	Hall.	Mic.	Cur.	Feld.	Gibb.	Goet.	Hem.	Min-X	Min-Y	Min-Z	Expt.-c.m.
0	5	6	1			8			3			1		2	1		M 1-3: MinX= Lepidolite, MinY= Talco
5	22	6	1			8			3			1		2	1		
22	46	6	1			8			3			1		2	1		
46	86	5	1			8			3			1		2			Muestra 4: MinX = Lepidocrocita
86	98	5	1			8			2			1					
98	125	6	1			8			4					1			Muestras 6-7: MinY = Talco.
125	150	5	2			8			4						2		

**Características químicas especiales:**

La	Li	Fe.d	Al.d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe.p	Al.p	P-tot.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	5	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
5	22	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
22	46	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
46	86	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
86	98	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
98	125	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
125	150	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0

Código del suelo	: PE013
<b>Descripción general del lugar</b>	
- Fecha	: 5/95
- Autor (es)	: G. Paredes y S. Kauffman
- Localización	: Loreto, Maymas, Iquitos, "San Gerardo", carretera Iquitos-Nauta, km 13, a 1250 m de la cuneta derecha.
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 54' 39" L.O.: 73° 22' 19"
- Material parental	: Idem a PE003.
- Geoforma	: Colinas altas
- Posición	: cima
- Pendiente	: gradiente : 2% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: lenta
- Erosión	: grado : no erosión tipo : -
- Vegetación/ uso de la tierra	: Bosque primario tipo "varillal <sup>5</sup> alto seco.
<b>Descripción general del perfil:</b> muy profundo, excesivamente drenado, pardo oscuro a gris claro, arenoso, suelto; sin horizonte de diagnóstico. Decrecimiento gradual de la materia orgánica con la profundidad (hasta los 100 cm). En el primer horizonte del suelo superficial (Ah1) (0-15 cm) las raíces gruesas (de 5 a 20 mm de diámetro) tienen una distribución predominantemente horizontal.	
<b>Clasificación</b>	
- USDA (SSS, 1994)	: Quartzipsamment típico, arenoso, silíceo, isohipertérmico.
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Arenosol Albico
- Local	: "Altura"

<sup>5</sup> Bosque con predominio de especies arbóreas con "dap" < 15 cm.

PE013

**Características físicas:**

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arc.	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	15	0.1	5.1	47.6	23.3	12.7	88.8	7.9	3.0	10.9	0.3	1,109	43.2	36.4	23.9	12.8	9.9	8.9	4.5	3.8
15	55	0.1	5.0	48.3	23.5	9.1	88.8	9.2	3.7	12.9	0.2	1,352	34.2	29.1	23.9	10.4	5.8	3.9	1.5	1.1
55	100	0.1	4.4	45.1	22.6	13.5	85.7	10.0	4.3	14.3	0.2	1,342	27.9	25.4	23.4	9.4	4.6	3.0	0.9	0.7
100	135	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
135	180	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
200	220	0.4	6.3	37.3	26.0	9.7	80.1	11.7	4.3	16.0	3.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
330	350	0.8	10.5	53.1	22.7	4.8	91.7	4.1	2.1	8.2	2.1	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
430	450	0.7	6.7	56.9	27.2	2.9	94.4	3.8	0.5	4.1	1.5	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
530	550	0.3	3.6	51.8	34.0	4.8	94.5	3.3	1.0	4.3	1.3	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
680	700	0.4	4.3	58.7	29.4	2.3	95.1	3.4	1.2	4.8	0.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

**Características químicas:**

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sat. base	Sat. Al	C.E.
0	15	4.9	3.2	-1.0	6.79	0.05	0.2	0.1	0.1	0.0	0.4	0.5	0.0	1.9	-1	-1.0	0.9	21	79	0.80
15	55	5.1	3.6	-1.0	6.17	-1.00	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.9	-1	-1.0	0.3	22	78	0.82
55	100	5.5	4.3	-1.0	6.00	-1.00	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	-1	-1.0	0.2	100	0	0.91
100	150	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
135	180	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
200	220	5.1	4.3	-1.0	6.38	-1.00	0.2	0.1	2.2	0.0	2.5	1.3	1.1	2.4	-1	-1.0	3.8	100	104	0.83
330	350	5.3	4.2	-1.0	6.64	0.04	0.0	0.0	2.3	0.0	2.3	1.6	1.8	5.0	-1	-1.0	3.9	46	54	0.84
430	450	5.5	4.4	-1.0	6.13	0.04	0.0	0.0	0.7	0.0	0.7	-1.0	-1.0	5.5	-1	-1.0	6.7	13	-1	0.83
530	550	5.7	4.5	-1.0	6.21	-1.00	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	-1.0	-1.0	1.2	-1	-1.0	6.2	17	-1	0.83
680	700	5.7	4.5	-1.0	6.13	-1.00	0.0	-1.0	0.3	0.0	0.3	-1.0	-1.0	1.0	-1	-1.0	6.3	20	-1	0.83

**Características mineralógicas:**

La	Li	Caol.	M.B.I.	Verm.	Clor.	Em.	Hall.	Maz.	Cuar.	Feld.	Oliv.	Gast.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Epl.-c.m.
0	15	3								3	2						
15	55																
55	100																
100	135																
135	180																
200	220	4								3	3					3	
330	350																
430	450																
530	550	4								2	3					3	
680	700																

**Características químicas especiales:**

La	Li	Fe.d	Al.d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe.p	Al.p	P-ent.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	15	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
15	55	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
55	100	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
100	135	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
135	180	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
200	220	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
680	700	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0



Código del suelo	: PE014
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 6/95
- Autor (es)	: G. Paredes y S. Kauffman
- Localización	: Loreto, Maynas, Iquitos, "San Gerardo", carretera Iquitos-Nauta, km 13, a 850 m de la cuneta derecha.
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 54' 47" L.O.: 73° 22' 11"
- Material parental	: aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Ipururo, con influencia de material de la Formación Iquitos.
- Geoforma	: Colinas medias
- Posición	: cima
- Pendiente	: gradiente : 1% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: lenta
- Erosión	: grado : ligera tipo : laminar
- Vegetación/ uso de la tierra	: Bosque secund.tipo "varillal" <sup>6</sup> de 15 años.
Descripción general del perfil:	profundo, algo excesivamente drenado, pardo amarillento a pardo fuerte, arenoso a arenoso franco; horizonte sómblico incipiente entre 45 y 75 cm; discreto incremento de arcilla con la profundidad. Este perfil, bajo la forma de "monolito", forma parte de la colección de suelos de referencia del CRISAP <sup>7</sup> .
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Dystrupt Oxico, arenoso, caolinitico, isohipertérmico.
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Cambisol Ferrálico
- Local	: "Altura"

<sup>6</sup> Bosque con predominio de árboles con "dap" < 15 cm.

<sup>7</sup> Centro de Referencia e Información de Suelos de la Amazonia Peruana - Iquitos.

PE014

## Características físicas:

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arc.	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	2	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
2	8	0.3	3.4	33.5	47.8	7.2	92.2	4.3	1.8	6.1	1.8	1.220	39.3	33.3	23.8	8.7	7.4	6.5	3.5	3.5
8	25	0.3	2.9	31.6	44.0	5.6	84.4	6.6	3.3	9.8	5.8	1.295	43.4	40.5	32.2	21.0	17.7	15.7	11.0	5.7
25	45	0.1	2.4	25.4	44.5	9.7	82.1	6.5	5.0	11.5	6.5	1.335	44.3	41.4	35.1	26.5	25.6	23.0	14.4	8.1
45	75	0.1	2.3	27.5	43.0	6.9	79.8	6.1	4.6	10.7	9.5	1.398	39.8	34.8	32.1	24.4	22.3	20.6	13.2	8.1
75	125	0.2	2.5	27.5	43.2	8.8	82.2	5.5	4.3	8.8	8.0	1.407	40.7	34.5	29.2	20.8	18.3	16.5	13.4	8.8
125	175	0.1	2.4	27.9	43.6	6.7	80.7	5.4	4.2	8.6	9.8	1.440	35.7	32.8	26.3	20.3	18.2	16.8	13.5	10.1
300	320	0.1	2.0	27.7	44.0	9.4	83.2	5.1	2.0	8.0	9.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
400	420	0.2	1.8	28.0	53.8	5.6	87.4	3.7	2.5	6.2	6.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
500	520	0.2	1.8	27.8	57.5	4.6	91.9	2.8	1.8	4.6	3.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
750	770	0.8	7.0	50.5	36.2	1.1	94.6	2.0	1.2	3.2	2.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	H tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac comb.	Al comb.	CIC suabo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	2	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00
2	8	4.4	3.0	-1.0	0.41	0.04	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	0.8	0.4	1.0	-1.0	-1.0	0.8	20	-1	0.12
8	25	3.8	3.0	-1.0	0.67	-1.00	0.2	0.0	0.2	0.0	0.4	1.7	1.3	2.4	-1.0	-1.0	2.1	17	-1	0.17
25	45	4.3	4.3	-1.0	0.48	0.04	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	1.2	1.1	2.2	-1.0	-1.0	1.3	5	-1	0.06
45	75	4.5	4.4	-1.0	0.35	-1.00	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	0.8	0.7	1.6	-1.0	-1.0	1.2	25	-1	0.03
75	125	4.9	4.7	-1.0	0.24	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.7	0.7	-1.0	-1.0	0.4	0	-1	0.02
125	175	5.0	4.5	-1.0	0.14	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.7	-1.0	-1.0	0.4	0	-1	0.03
300	320	4.7	4.2	-1.0	0.00	-1.00	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.6	0.4	0.9	-1.0	-1.0	0.7	11	-1	0.02
400	420	4.8	4.1	-1.0	0.00	-1.00	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.8	0.7	0.9	-1.0	-1.0	1.0	22	-1	0.02
500	520	4.8	4.2	-1.0	0.00	-1.00	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	0.7	0.7	0.7	-1.0	-1.0	1.1	57	-1	0.02
750	770	5.0	4.3	-1.0	0.00	-1.00	0.0	0.0	0.4	0.0	0.4	0.3	0.2	0.7	-1.0	-1.0	0.7	57	-1	0.01

## Características mineralógicas:

La	Li	Carb.	M.B.R.	Verm.	Cher.	Em.	Hail.	Msc.	Cuar.	Feld.	Olib.	Gosl.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Espl.-c.m.
2	8	4							3	1	1	2					1mm. d.; 0mm. f. 54m-X opacitad.
8	25																
25	45	6				2		3	1	2	3		2				1mm. d.; 0mm. f. 54m-X opacitad.
45	75																
75	125	6				3		3	1	2	3		2				1mm. d.; 0mm. f. 54m-X opacitad.
125	175																
300	320	7				3		3		2	3		2				1mm. d.; 0mm. f. 54m-X opacitad.

## Características químicas especiales:

La	Li	Fe.d	Al.d	Fe.m	Al.m	Si.m	Fe.p	Al.p	P.m	pHNaF	P.Olsen	P.Bry
2	8	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
8	25	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
25	45	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
45	75	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
75	125	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
125	175	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00
300	320	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00

Código del suelo : PE015

## Descripción general del lugar

- Fecha : 7/95
- Autor (es) : G. Paredes, B. Castro y S. Kauffman
- Localización : Loreto, Iquitos, Caserío "Tarapoto", cuenca inferior del río Nanay, aprox. a 3 Km de la margen izquierda.
- Coord. Geográficas : L.S.: 3° 47' 17" L.O.: 73° 25' 13"
- Material parental : similar a PE012 (arcilla muy plástica).
- Geoforma : colinas bajas
- Posición : cima
- Pendiente : gradiente : 1% forma : recta
- Inundación : frecuencia : no inund. tiempo : --- nivel : ---
- Agua de escorrentía : media
- Erosión : grado : no erosión tipo : -
- Vegetación/ uso de la tierra : bosque secundario("purma" primaria) de 5 años.

**Descripción general del perfil:** moderadamente profundo; moderadamente bien drenado en superficie (horizonte Ap) a imperfectamente drenado en el sub suelo más profundo (horizonte Bt), mediando una zona de transición (horizonte AB); pardo oscuro a rojo amarillento y rojo con motas pardo amarillentas claras, y, textura, franca a arcillosa, para las mismas profundidades. Hasta 50 cm se aprecian fragmentos de carbón de "quema" de 0.5 cm de diámetro; la arcilla incrementa en forma evidente hasta los 80 cm de prof., decreciendo luego en forma gradual hasta los 150 cm y en forma marcada, a partir de esta prof.; la "napa freática" fluctúa entre 80 y 150 cm de prof. Este perfil, bajo la forma de "monolito", forma parte de la colección de suelos de referencia del CRISAP.

## Clasificación

- USDA (SSS, 1994) : Paleudult Típico, arcilloso, esmectítico/caolinitico, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997) : Alisol Háplico
- Local : "Altura"

PE015

## Características físicas:

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arc.	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	10	0.2	0.8	1.2	2.7	26.7	31.6	25.2	17.8	43.0	25.2	0.002	63.9	54.2	52.6	48.0	44.0	40.5	25.3	17.2
10	30	0.0	0.1	0.4	4.7	18.8	24.0	27.9	16.9	44.8	31.2	1.087	57.4	54.7	54.0	50.8	48.0	45.1	30.4	24.7
30	50	0.0	0.2	0.4	3.9	20.7	25.2	22.5	15.5	38.0	36.8	1.243	53.0	52.8	52.8	50.9	49.3	46.8	30.2	20.6
50	80	0.1	1.5	0.9	1.4	15.0	18.9	17.7	14.8	32.3	48.8	1.199	55.5	55.0	54.9	54.3	53.5	52.2	45.2	34.2
80	150	0.0	0.1	0.1	1.6	19.7	21.5	15.9	17.7	33.6	44.9	1.393	51.3	50.6	50.5	50.2	49.8	49.4	47.4	38.3
150	170	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.495	45.8	45.6	45.6	45.4	44.8	44.3	42.2	33.8	
180	200	0.0	0.0	0.3	2.5	43.9	48.7	11.8	15.8	27.6	25.6	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
250	280	0.0	0.0	0.1	27.4	30.9	56.4	6.7	16.4	23.1	18.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
350	370	0.0	0.0	0.1	5.5	48.5	54.1	9.9	16.5	26.4	19.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ce	Mg	Na	K	Sum.	Ac comb.	Al	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sel. base	Sel. Al	C.E.
0	10	4.2	3.7	-1.0	0.00	0.34	5.4	0.7	0.0	0.3	6.4	4.5	3.9	17.3	-1	-1.0	10.9	37	-1	0.33
10	30	4.5	3.7	-1.0	1.07	0.14	0.8	0.1	0.2	0.1	1.2	7.8	7.3	14.1	-1	-1.0	9.0	9	-1	0.05
30	50	4.5	3.7	-1.0	0.82	0.10	0.2	0.1	0.6	0.0	0.1	8.0	9.1	11.5	-1	-1.0	8.6	5	-1	0.03
50	80	4.6	3.7	-1.0	0.40	0.10	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	12.9	13.0	16.2	-1	-1.0	13.3	2	-1	0.02
80	150	5.1	3.6	-1.0	0.17	-1.00	0.0	0.1	0.4	0.2	0.7	16.2	16.3	23.2	-1	-1.0	16.9	3	-1	0.01
150	170	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
180	200	5.1	3.7	-1.0	0.11	-1.00	0.0	0.1	0.2	0.1	0.4	10.2	10.0	12.4	-1	-1.0	10.6	3	-1	0.01
250	280	5.2	3.6	-1.0	0.00	-1.00	0.0	0.0	1.4	0.1	1.5	7.7	7.6	9.5	-1	-1.0	9.2	10	-1	0.01
350	370	5.0	4.0	-1.0	0.13	-1.00	0.0	0.1	0.6	0.2	0.9	8.1	8.0	10.4	-1	-1.0	10.0	9	-1	0.02

## Características mineralógicas:

La	Li	Caol.	M.B.	Verm.	Clay.	Em.	Hill.	Musc.	Quarz.	Feld.	Giba.	Gosl.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Engl.-m.
0	10																
10	30																
30	50	4	1			6			1			2					
50	80	4	2			6			1			1					
80	150	4	3			6			1			1					
150	170																
180	200																
250	280	4	3			4		4	1			1					1 = muy debil; 8 = muy fuerte
350	370																

## Características químicas especiales:

La	Li	Fed.	Alid.	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe-p	Al-p	P-nt.	pHNaF	P-Olsen	P-Brey
0	10	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
10	30	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
30	50	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
50	80	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
80	150	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
150	170	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
180	200	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
250	280	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
350	370	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0

Código del suelo	: PE026
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 3/96
- Autor (es)	: G. Paredes y B. Castro
- Localización	: Loreto, Loreto, Nauta, Carretera Nauta-Iquitos, Km 9.5, aprox. a 500 m de la cuneta derecha.
- Coord. Geográficas	: L.S.: 4° 26' 44" L.O.: 73° 35' 9"
- Material parental	: aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Iquitos.
- Geoforma	: colinas altas
- Posición	: cima
- Pendiente	: gradiente : 2% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: media
- Erosión	: grado : no erosión tipo : ---
- Vegetación/ uso de la tierra	: bosque primario alta (presencia importante de yayina).
Descripción general del perfil:	<i>muy profundo, moderadamente bien drenado, pardo fuerte a pardo muy pálido, con motas rojo vivas, pasando por rojo amarillento, con motas amarillo parduzcas; textura, franca a arcilla, pasando por franco arcillosa. Suelo superficial (horizonte A) delgado; fluctuación de la "napa freática" entre 65 y 160 cm de prof.; justo por encima del límite superior de la zona de fluctuación, se observa fragmentos de plintita, con visible estratificación laminar, color rojizo, tamaño bastante variable, tendiendo a formar estratos horizontales discontinuos. Este perfil, bajo la forma de "monolito", forma parte de la colección de suelos de referencia del CRISAP.</i>
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Paleudult Típico, arcilloso, caolinitico/mezclado, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Acrisol Háptico
- Local	: "Altura"

PE026

## Características físicas:

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	Tl	Are.	Da	pF0.0	pF1.0	pF1.5	pF2.0	pF2.5	pF3.0	pF4.0
0	8	0.3	0.2	1.7	20.0	16.3	36.5	21.0	14.0	35.6	26.0	1.237	50.4	50.1	48.5	42.9	40.3	37.8	36.3
8	18	0.1	0.1	1.3	15.1	18.1	34.7	22.1	14.1	36.1	29.3	1.454	44.6	44.6	43.3	41.9	40.9	39.7	38.6
18	43	0.2	0.1	1.3	17.1	15.7	34.4	18.9	12.5	31.4	34.1	1.433	46.8	46.7	46.0	45.3	44.6	44.0	43.0
43	65	0.1	0.0	1.0	11.8	18.0	30.9	18.8	13.2	30.0	38.1	1.413	48.8	48.7	47.9	47.1	46.5	45.9	43.0
65	88	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.348	40.5	40.4	40.8	40.5	40.0	47.7	45.3	38.5
88	110	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.329	51.5	51.0	50.5	49.9	49.4	48.0	47.8	46.2
110	160	0.0	0.0	0.2	2.2	4.8	7.2	13.7	16.9	30.6	62.1	1.267	53.2	53.1	52.7	52.2	51.9	51.6	46.2
160	210	0.0	0.0	0.5	1.0	11.8	14.7	21.8	18.3	39.9	45.5	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
400	415	0.0	0.4	30.0	14.0	2.9	54.7	5.2	17.0	21.8	23.5	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	OC asilo	OC org.	OC org.	CIC org.	Sat. base	Sat. Al	C.E.
0	8	3.6	3.5	-1.0	1.80	0.17	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	6.8	5.4	9.8	-1	-1.0	6.8	2	-1	0.21
8	18	4.0	3.7	-1.0	0.83	0.11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	4.7	8.0	-1	-1.0	5.8	0	-1	0.08
18	43	4.2	3.7	-1.0	0.55	0.08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	5.2	8.0	-1	-1.0	6.3	0	-1	0.03
43	65	4.2	3.7	-1.0	0.44	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	6.1	8.9	-1	-1.0	7.3	0	-1	0.03
65	88	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
88	110	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
110	160	4.8	3.7	-1.0	0.15	0.05	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	12.1	12.0	16.5	-1	-1.0	12.3	1	-1	0.01
160	210	4.8	3.8	-1.0	0.00	0.03	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	8.9	8.4	11.4	-1	-1.0	9.1	2	-1	0.01
400	415	4.8	3.9	-1.0	0.02	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	2.5	4.2	-1	-1.0	3.1	0	-1	0.01

## Características mineralógicas:

La	U	Cent.	M.III.	Verm.	Clor.	Em.	Hed.	Iliz.	Quar.	Feld.	Gla.	Gst.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt.-c.m.
0	8	8						5	1			2		2			
8	18	8						5	2			3		2			
18	43	8						5	3			2		2			
43	65	8						5				2		1			
65	88																
88	110																
110	160	8	3	3				3				1					
160	210	8	6					3				2					
400	415	8	3									4					

## Características químicas especiales:

La	U	Fe.d	Al.d	Fe-o	Al-o	Si-o	Fe-p	Al-p	Pre.	pH <sub>NaF</sub>	P-0.0m	P-0.5m
0	8	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
8	18	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
18	43	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
43	65	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
65	88	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
88	110	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
110	160	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
160	210	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
400	415	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0



PE027

<b>Código del suelo</b>	: PE027	
<b>Descripción general del lugar</b>		
- Fecha	: 6/96	
- Autor (es)	: G. Paredes y B. Castro	
- Localización	: Loreto, Loreto, Nauta, Carretera Nauta-Iquitos, Km 4.0, aprox. a 500 m de la cuneta derecha.	
- Coord. Geográficas	: L.S.: 4° 27' 20"	L.O.: 73° 35' 21"
- Material parental	: similar a PE026	
- Geoforma	: colinas altas	
- Posición	: cima	
- Pendiente	: gradiente : 4%	forma : convexa
- Inundación	: frecuencia : no inund.	tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: lenta	
- Erosión	: grado : ligera	tipo : laminar
- Vegetación/ uso de la tierra	: bosque primario alto	
<b>Descripción general del perfil:</b>	muy profundo, bien drenado; pardo a rojo, pasando por pardo fuerte y rojo amarillento; textura, franco arcillo arenosa en toda la extensión del perfil. Suelo superficial (horizonte A) delgado. Entre 38 y 80 cm de prof. (horizonte Bw1) se observó fragmentos de carbón de "quema", no obstante que su cobertura vegetal presentaba características de bosque primario. Este perfil, bajo la forma de "monolito", forma parte de la colección de suelos de referencia del CRISAP <sup>8</sup> .	
<b>Clasificación</b>		
- USDA (SSS, 1994)	: Dystrupte Oxico, franco, caolinitico, isohipertérmico	
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Cambisol Ferrálico	
- Local	: "Altura"	

<sup>8</sup> Centro de Referencia e Información de Suelos de la Amazonia Peruana - Iquitos.**Características físicas:**

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	Ti	Ar.	Da	pf 0.0	pf 1.0	pf 1.5	pf 2.0	pf 2.3	pf 2.7	pf 3.4	pf 4.2
0	8	0.0	7.1	38.2	16.1	5.2	84.6	5.2	7.0	12.2	23.2	1.242	51.2	51.1	42.9	34.8	31.8	29.5	24.2	16.7
8	22	0.1	6.6	35.6	16.8	3.4	82.3	6.0	5.8	11.8	25.9	1.279	46.5	46.5	41.4	36.4	33.8	31.4	25.3	19.7
22	38	0.2	5.2	33.9	18.0	5.6	82.9	5.3	7.5	12.8	24.2	1.304	41.8	41.3	36.4	35.6	33.6	31.7	27.6	22.4
38	80	0.1	5.4	31.7	18.2	4.3	59.7	6.2	6.0	12.2	28.1	1.434	41.2	40.9	37.8	34.8	32.9	31.3	27.1	22.1
80	103	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.534	39.7	39.7	36.1	37.4	35.9	34.6	32.1	25.8
103	133	0.1	3.4	28.5	16.1	4.8	55.0	4.8	7.8	12.5	32.8	1.520	40.8	39.7	38.3	37.8	36.9	35.7	32.4	24.3
133	190	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.825	36.8	36.6	35.5	34.4	33.2	32.0	28.8	20.8
190	205	0.2	8.2	35.9	17.7	3.4	85.5	4.5	10.3	14.8	19.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
300	320	0.0	2.1	44.2	17.7	2.7	88.7	4.2	14.8	18.8	14.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
550	570	0.0	0.2	1.6	1.1	3.7	6.6	22.8	12.7	35.5	58.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

**Características químicas:**

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	H tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Set. base	Set. Al	C.E.
0	8	3.8	3.7	-1.0	1.24	0.11	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	3.6	2.8	5.8	-1	-1.0	3.7	2	-1	0.19
8	22	4.1	3.9	-1.0	0.78	0.08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	2.3	4.0	-1	-1.0	2.8	0	-1	0.87
22	38	4.2	3.9	-1.0	0.56	0.07	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	2.8	2.1	3.7	-1	-1.0	3.0	5	-1	0.94
38	80	4.3	3.8	-1.0	0.29	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	2.7	4.0	-1	-1.0	3.3	0	-1	0.83
80	103	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
103	133	4.5	3.8	-1.0	0.04	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	2.7	4.0	-1	-1.0	3.4	0	-1	0.91
133	190	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
190	205	4.5	3.9	-1.0	0.05	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	1.6	2.6	-1	-1.0	2.3	0	-1	0.91
300	320	4.7	4.0	-1.0	0.02	0.01	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	1.7	1.2	2.1	-1	-1.0	1.9	10	-1	0.91
550	570	4.8	3.7	-1.0	0.03	0.02	0.0	0.1	0.0	0.3	0.4	12.1	14.1	20.3	-1	-1.0	12.5	2	-1	0.91

**Características mineralógicas:**

La	Li	Caol.	M.Bt.	Verm.	Chl.	Em.	Hdl.	Msc.	Curr.	Feld.	Qbz.	Gosl.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt.-cm.
0	8	0						4		1	4						
8	22	0						4		1	4						
22	38	0	1					4			4						
38	80	0	1					4		1	4						
80	103																
103	133	0	1					4		1	4						
133	190																
190	205	0	1					2		1	3						
300	320	0	2					1		1	4						
550	570	0	2			2		3			2						

**Características químicas especiales:**

La	Li	Fcd	Alf	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fsp	Alp	P-nt.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	8	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
8	22	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
22	38	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
38	80	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
80	103	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
103	133	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
133	190	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0

Código del suelo : PE028

## Descripción general del lugar

- Fecha : 3/96

- Autor (es) : G. Paredes

- Localización : Loreto, Maynas, Fernando Lores, "Asociación de Agricultores Panguana II Zona", Lote # 17 (propiedad del Sr. R. Saldaña), aprox. a 8.3 Km de la margen derecha, del "brazo" derecho, del río Amazonas.

- Coord. Geográficas : L.S.: 3° 52' 35" L.O.: 73° 4' 50"

- Material parental : aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Iquitos. Arcilloso muy adhesivo.

- Geoforma : terraza nivel 2.

- Posición : planicie

- Pendiente : gradiente : 2% forma : recta

- Inundación : frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---

- Agua de escorrentía : media

- Erosión : grado : no erosión tipo : ---

- Vegetación/ uso de la tierra : bosque primario alto y denso.

**Descripción general del perfil:** muy profundo, moderadamente bien drenado a bien drenado, pardo fuerte a rojo amarillento, franco arcilloso a arcilla. Suelo superficial (horizonte Ah) delgado (0-8 cm); fracción mineral, en los 100 primeros cm, presenta un alto grado de adhesividad. Este perfil, bajo la forma de "monolito", forma parte de la colección de suelos de referencia del CRISAP<sup>9</sup>.

## Clasificación

- USDA (SSS, 1994) : Kandudult Típico, fino, caolínico, isohipertérmico

- FAO-Unesco-ISRIC (1997) : Acrisol Háplico

- Local : "Altura"

<sup>9</sup> Centro de Referencia e Información de Suelos de la Amazonia Peruana - Iquitos.

## Características físicas:

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arc.	De	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	8	0.0	0.2	3.2	19.3	21.0	43.7	5.0	15.7	20.7	35.8	0.876	64.5	58.9	53.2	47.5	44.2	41.3	33.1	23.0
8	30	0.0	0.1	3.0	21.0	14.4	38.5	13.9	14.9	28.8	32.8	0.978	58.2	55.5	52.1	48.5	46.1	44.0	38.2	28.8
30	52	0.0	0.0	2.4	15.7	18.8	36.9	8.8	10.8	19.4	43.7	1.130	55.7	55.0	52.8	50.4	48.8	47.4	42.4	31.1
52	75	0.0	0.0	2.7	19.4	15.2	37.3	10.1	7.2	17.3	45.5	1.256	48.5	48.8	47.4	45.6	44.4	43.4	40.5	32.9
75	103	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.225	53.1	52.7	52.3	50.7	48.4	48.3	43.1	32.9	
103	180	0.0	0.1	1.8	13.5	18.5	34.0	12.3	8.8	18.1	47.0	1.207	52.5	52.2	51.1	48.5	48.2	47.1	42.1	32.9
180	200	0.0	0.1	3.8	17.8	13.8	34.9	11.3	13.2	24.5	40.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
200	300	0.0	0.0	0.7	7.5	19.4	27.8	13.9	17.2	31.1	41.3	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
300	485	500	0.0	0.8	17.2	37.2	3.8	58.8	7.8	19.9	27.7	13.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
485	650	0.0	0.5	14.3	42.4	3.8	80.8	7.8	19.1	26.7	12.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	H tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac comb.	Al comb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	8	4.0	3.8	-1.0	2.44	0.22	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	5.5	4.5	10.4	-1	-1.0	5.8	1	-1	0.13
8	30	4.4	4.0	-1.0	1.19	0.13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	3.4	7.5	-1	-1.0	4.3	0	-1	0.03
30	52	4.4	4.0	-1.0	0.78	0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	3.3	6.6	-1	-1.0	4.0	0	-1	0.03
52	75	4.5	4.5	-1.0	0.38	0.08	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	4.2	3.5	6.7	-1	-1.0	4.4	3	-1	0.02
75	103	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
103	180	4.6	3.9	-1.0	0.18	0.05	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	4.5	3.7	9.4	-1	-1.0	4.7	2	-1	0.01
180	200	4.9	3.9	-1.0	0.08	0.03	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	5.1	4.5	8.5	-1	-1.0	5.3	2	-1	0.01
200	300	5.0	3.9	-1.0	0.02	0.03	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	6.6	5.8	8.5	-1	-1.0	6.7	1	-1	0.01
300	485	500	5.0	4.0	-1.0	0.02	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	2.1	4.6	-1	-1.0	2.8	0	-1	0.01
485	650	5.0	4.0	-1.0	0.00	0.00	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	2.5	1.9	3.3	-1	-1.0	2.7	6	-1	0.01

## Características mineralógicas:

La	Li	Caol.	M.B.I.	Verm.	Clas.	Em.	Hail.	Maz.	Quarz.	Feld.	Gib.	Quartz.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Engl.-cm.
0	8	8							4	1		4	3	1			
8	30	8							4		1	4	3	1			
30	52	8							4			4	3	2			
52	75	8							4			4	3	2			
75	103																
103	180	8							4		3	2	1				
180	200	8							4		3	2	1				
200	300	8	2						3		2	2	1				
300	485	5	2								2	2					
485	650	5	2								2	2					

## Características químicas especiales:

La	Li	Fe.d	Al.d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe.p	Al.p	P-ret.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	8	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
8	30	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
30	52	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
52	75	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
75	103	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
103	180	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
180	200	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
200	300	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
300	485	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
485	650	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0

Código del suelo	: PE029
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 3/96
- Autor (es)	: G. Paredes y B. Castro
- Localización	: Loreto, Maynas, Iquitos, Caserio "Varillal", carretera Iquitos-Nauta, Km 8.3, talud derecho.
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 53' 13" L.O.: 73° 21' 10"
- Material parental	: aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Iquitos.
- Geoforma	: terraza media.
- Posición	: cima
- Pendiente	: gradiente : 2% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: media
- Erosión	: grado : ligera tipo : laminar
- Vegetación/ uso de la tierra	: pasto natural de bajo valor nutritivo.
Descripción general del perfil	: muy profundo, bien drenado; pardo amarillento oscuro a rojo, pasando por pardo fuerte y rojo amarillento; franco arcillo arenoso en toda su extensión, eminentemente mineral. Suelo superficial (horizonte Ap) muy delgado (0-4 cm). Sub suelo parece muy compactado.
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Dystrupt Oxico, franco, caolinitico, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Cambisol Ferrálico
- Local	: "Altura"

PE029

## Características físicas:

Lo	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	Ti	Ar.	De	pH 0.0	pH 1.0	pH 1.5	pH 2.0	pH 2.5	pH 2.7	pH 3.4	pH 4.2
0	4	0.0	2.5	15.4	20.9	14.5	61.8	0.3	0.5	14.8	23.2	1.170	40.4	47.9	46.2	43.8	40.4	37.9	35.8	19.0
4	38	0.8	2.9	15.1	20.9	8.8	54.5	8.2	5.3	13.5	32.0	1.414	43.3	42.0	39.6	36.4	34.9	33.9	31.7	24.2
38	90	0.6	2.3	15.0	25.9	12.5	56.3	8.3	4.8	13.1	30.6	1.408	40.7	40.1	39.4	37.0	35.7	34.9	33.0	25.4
90	140	0.5	2.7	15.9	27.7	9.0	55.8	6.8	5.4	12.2	32.0	1.415	41.4	40.9	39.5	36.7	35.3	34.4	31.9	25.3
140	180	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1.474	41.6	41.3	40.2	39.5	37.3	36.7	33.9	27.0
180	230	0.3	2.4	15.7	25.6	9.6	53.6	5.9	11.8	17.6	20.9	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
400	415	1.7	12.3	10.3	23.7	4.8	52.8	4.2	21.6	25.8	21.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
895	700	0.8	0.2	29.6	16.2	3.1	56.7	2.5	29.3	22.8	18.5	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

Lo	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC acido	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	4	4.5	3.9	-1.0	1.41	0.11	0.4	0.0	0.0	0.1	0.5	2.2	1.5	4.7	-1	-1.0	2.8	13	-1	0.04
4	38	4.6	4.0	-1.0	0.36	0.04	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	2.2	1.9	3.7	-1	-1.0	2.4	5	-1	0.01
38	90	4.8	4.0	-1.0	0.14	0.03	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	1.8	1.5	2.8	-1	-1.0	2.0	7	-1	0.01
90	140	4.8	4.0	-1.0	0.13	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	1.6	3.2	-1	-1.0	1.9	0	-1	0.01
140	180	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
180	230	4.9	4.0	-1.0	0.04	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.2	5.6	-1	-1.0	2.4	0	-1	0.01
400	415	5.0	4.0	-1.0	0.01	0.00	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	3.1	2.9	3.5	-1	-1.0	3.3	6	-1	0.01
895	700	4.7	4.0	-1.0	0.02	0.01	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	2.3	2.1	2.8	-1	-1.0	2.4	4	-1	0.01

## Características mineralógicas:

Lo	Li	Conf.	M.B.	Verm.	Chr.	Em.	Hill.	Mic.	Quar.	Feld.	Qtz.	Gest.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Exl.-c.m.
0	4	0							3	1	2	3		2			
4	38	0							3		1	3		1			
38	90	0							3	1	2	3		1			
90	140	0							3	1	2	3		1			
140	180																
180	230	0	1					2			1	2		1			
400	415	7	2							2		5					
895	700	7	2							2		4					

## Características químicas especiales:

Lo	Li	Fed	Alf	Feca	Alas	Ses	Fep	Alp	Prot.	pHNaF	P.Olsen	P.Bry
0	4	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
4	38	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
38	90	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
90	140	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
140	180	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
180	230	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
400	415	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
895	700	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	



Código del suelo : PE030

**Descripción general del lugar**

- Fecha : 3/96

- Autor (es) : G. Paredes y B. Castro

- Localización : Loreto, Maymas, Iquitos, Caserio "Moralillos", carretera Iquitos-Nauta, km 9.8, talud derecho.

- Coord. Geográficas : L.S.: 3° 53' 54" L.O.: 73° 20' 57"

- Material parental : aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior, forma parte de la Formación Iquitos. Arcilloso, muy adhesivo.

- Geoforma : colina media

- Posición : cima

- Pendiente : gradiente : 15% forma : recta

- Inundación : frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---

- Agua de escorrentía : media

- Erosión : grado : moderada tipo : laminar

- Vegetación/ uso de la tierra : vegetación natural herbáceo-arbustiva, muy degradada, aparentemente sin uso.

**Descripción general del perfil:** muy profundo, bien drenado; pardo fuerte a rojo, pasando por rojo amarillento; arcilloso, prácticamente en toda su extensión; eminentemente mineral, dá la impresión de estar algo compactado. Suelo superficial (horizonte Ap) parece haber sido erosionado. Capa superior actual muy delgada (0-5 cm), presenta características de transición (horizonte AB). A partir de los 100 cm se constata presencia de mica, en densidad baja.

**Clasificación**

- USDA (SSS, 1994) : Dystrypept Oxico, arcilloso, caolinitico, isohipertérmico

- FAO-Unesco-ISRIC (1997) : Cambisol Dístico

- Local : "Altura"

PE030

**Características físicas:**

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Ar.	De	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	5	0,1	0,4	2,4	27,3	12,0	42,2	9,1	5,2	14,3	43,6	1,120	50,2	45,1	41,7	38,6	36,0	34,2	31,0	24,8
5	35	0,0	0,1	1,9	21,7	14,8	38,5	5,9	5,8	11,5	50,0	1,334	48,4	45,9	44,8	42,2	42,2	41,8	39,6	35,2
35	70	0,0	0,1	1,9	24,1	11,2	37,3	6,1	4,8	10,9	51,7	1,395	48,7	46,3	45,8	45,1	44,5	44,1	42,5	37,8
70	100	0,0	0,2	1,8	21,2	15,0	38,0	6,5	4,4	10,9	51,2	1,381	48,8	46,5	46,0	45,2	44,4	44,0	42,5	37,8
100	140	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	1,294	47,8	46,8	46,9	44,8	44,5	43,4	41,3	35,3
140	180	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	1,290	47,5	47,0	46,5	45,4	44,3	43,8	41,4	35,0
415	430	0,0	0,0	0,1	41,2	4,7	55,0	4,7	18,6	23,3	21,8	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
800	815	0,0	0,1	13,0	36,3	6,5	56,8	3,9	20,0	23,9	19,4	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
795	810	0,0	0,1	1,8	38,6	6,8	47,1	7,2	21,7	28,9	23,9	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0

**Características químicas:**

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac. carb.	Al	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	5	4,4	3,7	-1,0	1,16	0,12	0,2	0,0	0,0	0,1	0,3	4,7	4,7	8,1	-1	-1,0	5,0	4	-1	0,03
5	35	4,6	3,9	-1,0	0,45	0,08	0,2	0,0	0,1	0,0	0,3	4,3	4,1	8,0	-1	-1,0	4,6	5	-1	0,01
35	70	4,6	3,9	-1,0	0,37	0,08	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	3,7	3,7	4,3	-1	-1,0	3,9	5	-1	0,01
70	100	4,6	3,9	-1,0	0,23	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	3,6	8,0	-1	-1,0	3,6	0	-1	0,01
100	140	-1,0	-1,0	-1,0	-1,00	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1	-1,0	-1,0	-1	-1	-1,00
140	180	-1,0	-1,0	-1,0	-1,00	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1	-1,0	-1,0	-1	-1	-1,00
415	430	4,7	3,9	-1,0	0,06	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	2,8	3,5	-1	-1,0	3,2	0	-1	0,01
800	815	4,8	3,9	-1,0	0,05	0,02	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	3,0	2,8	3,2	-1	-1,0	3,2	6	-1	0,01
795	810	4,7	3,9	-1,0	-1,00	0,02	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	3,5	3,0	7,1	-1	-1,0	3,6	1	-1	0,01

**Características mineralógicas:**

La	Li	Caol.	M.I.B.	Verm.	Clor.	Esm.	Hail.	Maz.	Cuar.	Feld.	Qbz.	Goet.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Engl.-m.
0	5	0						3		1	3	2					
5	35	0						3		1	3	2					
35	70	0						3		1	3	2					
70	100	0						3		1	3	2					
100	140																
140	180																
415	430	6	2									3					
800	815	6	1									3					
795	810	6	1									3					

**Características químicas especiales:**

La	Li	Fcd	Alf	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fsp	Alp	Prel.	pHNaF	P.Olsen	P.Br
0	5	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	
5	35	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	
35	70	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	
70	100	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	
100	140	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	
140	180	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	
415	430	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	
800	815	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	
795	810	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	

<b>Código del suelo</b>	: PE032	
<b>Descripción general del lugar</b>		
- Fecha	: 4/96	
- Autor (es)	: G. Paredes, B. Castro y S. Kauffman	
- Localización	: Loreto, Maynas, Iquitos, Caserio "Peña Negra", carretera Iquitos-Nauta, Km 5, aprox. a 200 m de la cuneta derecha.	
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 51' 34"	L.O.: 73° 20' 24"
- Material parental	: similar a PE001	
- Geoforma	: terraza alta	
- Posición	: planicie en pendiente media	
- Pendiente	: gradiente : 8%	forma : ondulada
- Inundación	: frecuencia : no inund.	tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: lenta	
- Erosión	: grado : moderado	tipo : laminar
- Vegetación/ uso de la tierra	: bosque secundario bajo ("purma" baja), muy degradado, dominado por especies arbustivas.	

**Descripción general del perfil:** Superficial, moderadamente bien drenado, fuertemente contrastante en color, estructura y consistencia; arenoso en toda su extensión. Variando, en color, de gris claro, en el suelo de superficie (horizonte Ap), a pardo oscuro y pardo rojizo oscuro, en el sub suelo (horizonte B = B-espódico), pasando por el blanco, en la zona de eluviación (horizonte E). En el caso de la estructura y consistencia: del suelto (en el horizonte E) al fuertemente coherente y muy firme (en el B-espódico), respectivamente. El suelo superficial es muy delgado (2 cm) posiblemente por efectos de la erosión hídrica. El horizonte E es muy característico y el horizonte B-espódico, bien desarrollado.

<b>Clasificación</b>	
- USDA (SSS, 1994)	: Haplorthod Típico, arenoso, silicoso, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Podzol Háplico
- Local	: "Altura"

## PE032

## Características físicas:

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Te	L1	L2	Ti	Av.	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	2	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
2	40	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
40	45	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
45	48	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
48	53	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
53	57	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
57	62	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
62	82	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
82	104	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
104	120	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sat. base	Sat. Al	C.E.
0	2	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
2	40	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
40	45	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
45	48	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
48	53	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
53	57	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
57	62	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
62	82	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
82	104	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
104	120	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00

## Características mineralógicas:

La	Li	Caol.	M.B.L.	Verm.	Chr.	Em.	Hall.	Msc.	Qur.	Feld.	Gbs.	Goet.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Epil.-c.m.
0	2																
2	40																
40	45																
45	48																
48	53																
53	57																
57	62																
62	82																
82	104																
104	120																

## Características químicas especiales:

La	Li	Fe.d	Al.d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe.p	Al.p	P-rel.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	2	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
2	40	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
40	45	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
45	48	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
48	53	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
53	57	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
57	62	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
62	82	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
82	104	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
104	120	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0

Código del suelo	: PE050	
Descripción general del lugar		
- Fecha	: 10/89	
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodríguez	
- Localización	: Loreto, Maynas, Fernando Lores, Tamshiyacu, "Granja du petit", a 670 m de la margen derecha del río Amazonas (aprox. a 3 km "aguas abajo" del poblado de Tamshiyacu).	
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 59' 32"	L.O.: 73° 9' 20"
- Material parental	: aluvial muy antiguo, depositado en ambientes amazónicos, posiblemente, antes de la formación de la Cordillera de los Andes, durante el Terciario Superior; formaría parte de la Formación Pebas. Franco arcilloso, grisáceo.	
- Geoforma	: sistema de terrazas altas	
- Posición	: depresión inter-terrazas	
- Pendiente	: gradiente : 1%	forma : cóncava
- Inundación	: frecuencia : anual	tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: media	
- Erosión	: grado : ligera	tipo : laminar
- Vegetación/ uso de la tierra	: mayormente herbáceas hidrófilas, sin uso definido	
Descripción general del perfil:	: muy superficial, muy pobremente drenado, gris claro, franco arcilloso; suelo superficial (horizonte A) muy delgado (0-2 cm), posiblemente, por efectos de la erosión hídrica; sub suelo, gran parte del año, saturado de agua de infiltración proveniente de las terrazas vecinas. En el momento de la descripción la "tabla de agua" estaba a 87 cm de prof. Este perfil fue codificado como 6A-4 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).	
Clasificación		
- USDA (SSS, 1994)	: Tropaquept Típico, fino, caolinitico, ácido, isohipertérmico	
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Gleysol Distrito	
- Local	: "Bajial"	

PE050

## Características físicas:

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arc.	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	2	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	31,8	-1,0	-1,0	30,8	28,4	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
2	10	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	30,8	-1,0	-1,0	30,8	32,4	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
10	32	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	30,8	-1,0	-1,0	28,8	40,4	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
32	87	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	44,8	-1,0	-1,0	24,8	30,4	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0

## Características químicas:

La	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac. carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	2	4,1	-1,0	-1,0	1,81	0,27	1,2	0,4	-1,0	0,1	1,7	4,4	-1,0	-1,0	-1	-1,0	6,1	27	73	-1,00
2	10	4,2	-1,0	-1,0	0,98	0,16	1,1	0,2	-1,0	0,1	1,4	4,8	-1,0	-1,0	-1	-1,0	6,2	22	78	-1,00
10	32	4,5	-1,0	-1,0	0,44	0,10	0,3	0,1	-1,0	0,0	0,4	5,8	-1,0	-1,0	-1	-1,0	6,3	7	93	-1,00
32	87	4,5	-1,0	-1,0	0,17	0,03	0,1	0,1	-1,0	0,0	0,2	3,1	-1,0	-1,0	-1	-1,0	3,4	6	92	-1,00

## Características mineralógicas:

La	U	Caol.	M.B.	Verm.	Chr.	Em.	Hdl.	Maz.	Quar.	Feld.	Gbs.	Gst.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	ExpL-c.m.
0	2																
2	10																
10	32																
32	87																

## Características químicas especiales:

La	U	Fe.d	Al.d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe-p	Al-p	P-ret.	pHNaF	P- Olsen	P- Bray
0	2	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
2	10	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
10	32	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
32	87	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0



Código del suelo	: PE051
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 10/89
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodríguez
- Localización	: Loreto, Maynas, Fernando Lores, Tamshiyacu, "Granja du petit", a 1380 m de la margen derecha del río Amazonas (aprox. a 3 km, "aguas abajo" del poblado de Tamshiyacu).
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 59' 16" L.O.: 73° 9' 2"
- Material parental	: aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Iquitos.
- Geoforma	: sistema de terrazas altas
- Posición	: planicie
- Pendiente	: gradiente : 2% forma : cóncava
- Inundación	: frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: media
- Erosión	: grado : no erosión tipo : ---
- Vegetación/ uso de la tierra	: plantación de umari de seis años ("umaral").
Descripción general del perfil:	moderadamente profundo, bien drenado, pardo oscuro a pardo amarillento y pardo fuerte, pasando por pardo amarillento oscuro; franco a arcilla, pasando por franco arcilloso. Suelo superficial (horizonte Ap) delgado (0-5 cm); sub suelo (horizonte B) espeso, sin decrecimiento evidente de la concentración de arcilla con la profundidad; material con características transicionales media entre el suelo y el sub suelo. Este perfil fue codificado como 6A-7 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Kandiuult Típico, fino, caolínico, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Acrisol Háplico
- Local	: "Altura" ("umaral")

## PE051

## Características físicas:

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Te	L1	L2	T1	Arc.	De	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	47.0	-1.0	-1.0	40.0	13.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
5	13	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	35.0	-1.0	-1.0	43.0	22.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
13	53	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	35.0	-1.0	-1.0	35.0	30.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
53	85	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	35.0	-1.0	-1.0	27.0	38.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
85	121	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	32.0	-1.0	-1.0	26.0	42.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
121	140	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	32.0	-1.0	-1.0	25.0	43.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ce	Mg	Na	K	Sum.	Ac comb.	Al comb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	5	4.2	-1.0	-1.0	0.90	0.15	0.2	0.2	-1.0	0.1	0.5	3.8	-1.0	-1.0	-1	-1.0	4.3	11	88	-1.00
5	13	4.3	-1.0	-1.0	0.89	0.09	0.1	0.1	-1.0	0.0	0.2	4.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	5.2	4	95	-1.00
13	53	4.5	-1.0	-1.0	0.46	0.07	0.1	0.1	-1.0	0.0	0.2	4.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	4.2	4	95	-1.00
53	85	4.6	-1.0	-1.0	0.21	0.06	0.1	0.0	-1.0	0.0	0.1	3.8	-1.0	-1.0	-1	-1.0	4.1	4	95	-1.00
85	121	4.7	-1.0	-1.0	0.26	0.02	0.1	0.0	-1.0	0.0	0.1	3.5	-1.0	-1.0	-1	-1.0	3.7	4	94	-1.00
121	140	4.7	-1.0	-1.0	0.17	0.03	0.1	0.0	-1.0	0.0	0.1	3.4	-1.0	-1.0	-1	-1.0	3.6	4	94	-1.00

## Características mineralógicas:

La	U	Caol.	M.B.	Verm.	Clr.	Esm.	Hdl.	Msc.	Quarz.	Feld.	Gibb.	Gosl.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt.-c.m.
0	5																
5	13																
13	53																
53	85																
85	121																
121	140																

## Características químicas especiales:

La	U	Fe-d	Al-d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe-p	Al-p	P-rel.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	5	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
5	13	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
13	53	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
53	85	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
85	121	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
121	140	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0

Código del suelo	: PE053
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 10/89
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodriguez
- Localización	: Loreto, Maynas, Fernando Lores, "Santa Ana", a 120 m de la margen derecha del río Amazonas (aprox. a 5 km "aguas arriba" del poblado de Tamshiyacu).
- Coord. Geográficas	: L.S.: 4° 2' 58" L.O.: 73° 8' 8"
- Material parental	: aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Iquitos.
- Geoforma	: terraza alta
- Posición	: planicie
- Pendiente	: gradiente : 1% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: media
- Erosión	: grado : moderada tipo : riachuelo
- Vegetación/ uso de la tierra	: pastura instalada degradada, prácticamente asfixiada por el pasto natural, denominado "toro-urco", gramínea de bajo valor nutritivo.
Descripción general del perfil:	moderadamente profundo, bien drenado, pardo grisáceo muy oscuro a rojo, pasando por pardo amarillento oscuro, pardo fuerte y rojo amarillento; franco a arcilla, pasando por franco arcilloso. Suelo superficial (horizonte Ap) muy delgado (0-4 cm), se observan algunas crotovinas inclinadas, mayormente de 1 cm de diámetro. A partir de 120 cm de prof. se observa filtración lateral de agua, en cantidad poca. Este perfil fue codificado como 7A-2 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).
Clasificación	
- FAO (SSS, 1994)	: Paleudult Típico, fino, caolínico, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Acrisol Háplico
- Local	: "Altura"

## PE053

## Características físicas:

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	Tl	Av.	Da	pH 0.0	pH 1.0	pH 1.5	pH 2.0	pH 2.3	pH 2.7	pH 3.4	pH 4.2
0	4	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	26.0	-1.0	-1.0	40.4	24.6	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
4	14	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	25.0	-1.0	-1.0	45.4	29.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
14	26	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	24.0	-1.0	-1.0	38.4	37.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
26	40	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	19.0	-1.0	-1.0	34.4	46.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
40	75	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	12.0	-1.0	-1.0	28.4	81.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
75	120	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	6.2	-1.0	-1.0	37.0	56.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
120	150	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	7.9	-1.0	-1.0	38.4	54.6	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	4	4.2	-1.0	-1.0	1.57	0.26	0.9	0.8	-1.0	0.1	1.6	5.1	-1.0	-1.0	-1	-1.0	6.7	23	76	-1.00
4	14	4.3	-1.0	-1.0	0.91	0.15	0.7	0.3	-1.0	0.1	1.1	5.7	-1.0	-1.0	-1	-1.0	6.7	15	85	-1.00
14	26	4.5	-1.0	-1.0	0.52	0.10	0.2	0.1	-1.0	0.0	0.3	6.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	6.3	5	95	-1.00
26	40	4.6	-1.0	-1.0	0.23	0.08	0.1	0.0	-1.0	0.0	0.1	6.9	-1.0	-1.0	-1	-1.0	7.1	2	97	-1.00
40	75	4.6	-1.0	-1.0	0.37	0.08	0.1	0.1	-1.0	0.0	0.2	8.3	-1.0	-1.0	-1	-1.0	8.6	2	97	-1.00
75	120	4.6	-1.0	-1.0	0.08	0.05	0.1	0.0	-1.0	0.1	0.2	10.3	-1.0	-1.0	-1	-1.0	10.5	2	98	-1.00
120	150	4.6	-1.0	-1.0	0.07	0.05	0.1	0.0	-1.0	0.0	0.1	10.4	-1.0	-1.0	-1	-1.0	10.6	2	98	-1.00

## Características mineralógicas:

La	U	Caol.	M.B.	Verm.	Clor.	Esm.	Hal.	Msc.	Quarz.	Feld.	Olib.	Gosl.	Hem.	Min-X	Min-Y	Min-Z	Extr.-m.
0	4																
4	14																
14	26																
26	40																
40	75																
75	120																
120	150																

## Características químicas especiales:

La	U	Feld	Alf	Fe-ox	Al-ox	S-ox	Fsp	Alp	P-rel.	pH4.5	P-Olsen	P-Brey
0	4	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
4	14	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
14	26	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
26	40	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
40	75	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
75	120	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
120	150	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0

<b>Código del suelo</b>	: PE054
<b>Descripción general del lugar</b>	
- Fecha	: 11/89
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodriguez
- Localización	: Loreto, Loreto, Nauta, "San Joaquín de Omaguas", a 1050 m de la margen izquierda del río Amazonas (aprox. a 20 km "aguas abajo" de la confluencia de los ríos Marañón y Ucayali).
- Coord. Geográficas	: L.S.: 4° 16' 29" L.O.: 73° 26' 7"
- Material parental	: aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Iquitos.
- Geoforma	: sistema de terrazas altas
- Posición	: depresión inter-terrasa
- Pendiente	: gradiente : 8% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : no inund. tiempo: — nivel: —
- Agua de escorrentía	: media
- Erosión	: grado : ligera tipo : laminar
- Vegetación/ uso de la tierra	: bosque secundario ("purma") tipo varillal
<b>Descripción general del perfil:</b>	<i>moderadamente profundo, bien drenado, pardo oscuro a rojo amarillento, pasando por pardo amarillento oscuro y pardo amarillento; franco arcillo arenoso a arcillo arenoso. Suelo superficial (horizonte Ah) muy delgado (0-1 cm) y discontinuo; de apariencia compacta. Sub suelo (horizonte B) presenta cuarzo saprolizado, nódulos ferri-árgicos y fragmentos de plintita; subyacente a éste se aprecia una discontinuidad litológica, arcillosa, blanca, fuertemente coherente. Este perfil fue codificado como 10A-3 en el estudio efectuado por Paredes et al (1993).</i>
<b>Clasificación</b>	
- USDA (SSS, 1994)	: Dystrypept Fluvéntico/Oxíco, limoso fino, caolínítico, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Cambisol Ferrálico
- Local	: "Altura"

PE054

**Características físicas:**

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arv.	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	89.2	-1.0	-1.0	10.2	20.6	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
1	15	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	89.2	-1.0	-1.0	10.4	23.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
15	83	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	89.2	-1.0	-1.0	9.0	31.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
83	99	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	45.8	-1.0	-1.0	17.2	37.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
99	125	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	51.6	-1.0	-1.0	19.2	29.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
125	150	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	9.8	-1.0	-1.0	25.2	85.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

**Características químicas:**

La	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sel. base	Sel. Al	C.E.
0	1	3.7	-1.0	-1.0	1.72	0.29	0.1	0.1	-1.0	0.1	0.3	4.1	-1.0	-1.0	-1	-1.0	4.5	8	82	-1.00
1	15	3.8	-1.0	-1.0	0.98	0.15	0.1	0.1	-1.0	0.1	0.3	3.9	-1.0	-1.0	-1	-1.0	4.2	8	83	-1.00
15	83	4.7	-1.0	-1.0	0.42	0.07	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	2.9	-1.0	-1.0	-1	-1.0	3.0	2	87	-1.00
83	99	4.8	-1.0	-1.0	0.28	0.04	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	4.2	-1.0	-1.0	-1	-1.0	4.3	1	89	-1.00
99	125	5.0	-1.0	-1.0	0.24	0.02	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	3.1	-1.0	-1.0	-1	-1.0	3.2	1	89	-1.00
125	150	4.7	-1.0	-1.0	0.13	0.03	0.0	0.1	-1.0	0.1	0.2	29.4	-1.0	-1.0	-1	-1.0	29.0	1	99	-1.00

**Características mineralógicas:**

La	U	Caol.	M.Bil.	Verm.	Chc.	Em.	Hall.	Miz.	Quar.	Feld.	Gib.	Graf.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt.-c.m.
0	1																
1	15																
15	83																
83	99																
99	125																
125	150																

**Características químicas especiales:**

La	U	Feld	Alid	Fe-ox	Mn-ox	Si-ox	Fsp	Alp	P-vel	pHNaF	P-0.05m	P-0.5m
0	1	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
1	15	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
15	83	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
83	99	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
99	125	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
125	150	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0



Código del suelo	: PE055
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 11/89
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodríguez
- Localización	: Loreto, Nauta, "San Joaquín de Omaguas", a 1450 m de la margen izquierda del río Amazonas (aprox. a 20 km "aguas abajo" de la confluencia de los ríos Marañón y Ucayali).
- Coord. Geográficas	: L.S.: 4° 16' 21" L.O.: 73° 26' 21"
- Material parental	: aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Iquitos.
- Geoforma	: sistema de terrazas altas
- Posición	: planicie
- Pendiente	: gradiente : 1% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escurrimiento	: media
- Erosión	: grado : no erosión tipo : ---
- Vegetación/ uso de la tierra	: bosque secundario alto ("purma" alta), soto-bosque regular.
Descripción general del perfil:	moderadamente profundo, bien drenado, pardo oscuro a pardo fuerte y rojo amarillento, pasando por pardo amarillento; franco arcillo arenoso a arcilla y arcillo arenoso, pasando por franco arcilloso. Suelo superficial (horizonte Ah) delgado (0-8 cm); se observa algunas crotovinas y partículas de carbón de "quemado". Sub suelo (horizonte B) espeso; presenta un enriquecimiento moderado de arcilla, sin decrecimiento evidente con la profundidad; zona de enriquecimiento gradual media entre el suelo y el sub suelo. Este perfil fue codificado como 10A-4 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Dystrupte Fluventico/Oxico, limoso fino, caolinitico, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Cambisol Ferrálico
- Local	: "Altura"

PE055

## Características físicas:

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arc.	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	48.6	-1.0	-1.0	24.2	27.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
8	28	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	44.6	-1.0	-1.0	22.2	33.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
28	56	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	42.6	-1.0	-1.0	18.2	38.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
56	70	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	40.6	-1.0	-1.0	14.2	45.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
70	130	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	47.6	-1.0	-1.0	3.2	48.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
130	160	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	46.6	-1.0	-1.0	5.2	48.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac comb.	Al comb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sat. base	Sat. Al	C.E.
0	8	3.8	-1.0	1.00	0.13	0.0	0.1	-1.0	0.1	0.2	7.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	7.1	2	98	-1.00
8	28	4.1	-1.0	0.71	0.10	0.0	0.1	-1.0	0.0	0.1	4.6	-1.0	-1.0	-1	-1.0	4.7	2	98	-1.00
28	56	4.4	-1.0	0.46	0.06	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	3.2	-1.0	-1.0	-1	-1.0	3.3	2	98	-1.00
56	70	4.6	-1.0	0.37	0.03	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	3.8	-1.0	-1.0	-1	-1.0	3.8	1	98	-1.00
70	130	4.7	-1.0	0.27	0.04	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	3.1	-1.0	-1.0	-1	-1.0	3.1	1	98	-1.00
130	160	4.7	-1.0	0.23	0.03	0.0	0.0	-1.0	0.0	0.0	3.1	-1.0	-1.0	-1	-1.0	3.1	1	98	-1.00

## Características mineralógicas:

La	U	Caol.	M.B.	Verm.	Chor.	Em.	Hid.	Maz.	Quar.	Feld.	Gla.	Gast.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Engl.-c.m.
0	8																
8	28																
28	56																
56	70																
70	130																
130	160																

## Características químicas especiales:

La	U	Fe-d	Al-d	Fe-on	Al-on	Sio-on	Fe-p	Al-p	P-rel.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	8	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
8	28	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
28	56	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
56	70	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
70	130	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
130	160	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0

Apéndice 5.3 continuación

PE056

<b>Código del suelo</b>	: PE056
<b>Descripción general del lugar</b>	
- Fecha	: 1/90
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodriguez
- Localización	: Loreto, Maynas, Iquitos, Comunidad de "Mazanillo", a 220 m de la margen derecha del río Itaya (aprox. a 25 km de su desembocadura en el río Amazonas).
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 53' 50" L.O.: 73° 19' 13"
- Material parental	: aluvial sub reciente, proveniente mayormente de los flancos laterales (Formación Iquitos) y, en menor proporción, de la base o fondo del cauce (Formación Pebas), del propio río, particularmente, de su tramo curvilíneo, presentando las terrazas antiguas más altas.
- Geoforma	: llanura de inundación de complejo de orillares subrecientes.
- Posición	: llanura de restinga media
- Pendiente	: gradiente : 1% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : esporád. tiempo: 1-2 meses nivel: 0,10 m
- Agua de escorrentía	: lenta
- Erosión	: grado : no erosión tipo : —
- Vegetación/ uso de la tierra	: bosque secundario bajo ("purma" baja) modificado. Muy cerca se observó una "chacra" de toronja y plátano.
<b>Descripción general del perfil:</b>	superficial, imperfectamente drenado; pardo oscuro a gris parduzco claro, pasando por pardo; franco limoso a franco arcillo limoso. Suelo superficial (horizonte Ah) relativamente delgado (0-10 cm) y no bien formado. Sub suelo (horizonte B) moderadamente incrementado en arcilla con pequeños nódulos ferri-árgicos. Subyacente a este horizonte se constata cierta "discontinuidad" variable más química que físicamente. Este perfil fue codificado como 1Y-2 en el estudio efectuado por Paredes et al.(1993).
<b>Clasificación</b>	
- USDA (SSS, 1994)	: Dystrupto Típico, limoso fino, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Cambisol Dístico
- Local	: Aluvial (restinga media)

**Características físicas:**

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Te	L1	L2	T1	Ar.	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	10	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	11.4	-1.0	-1.0	65.8	22.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
10	38	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	11.4	-1.0	-1.0	54.8	33.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
38	78	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	13.4	-1.0	-1.0	58.8	27.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
78	108	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	19.4	-1.0	-1.0	55.8	24.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

**Características químicas:**

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac comb.	Al comb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sat. base	Sat. Al	C.E.
0	10	4.7	-1.0	-1.0	1.22	0.20	4.9	1.0	-1.0	0.2	0.1	2.5	-1.0	-1.0	-1	-1.0	8.7	70	29	-1.00
10	38	5.1	-1.0	-1.0	0.23	0.05	2.7	2.8	-1.0	0.0	5.3	0.8	-1.0	-1.0	-1	-1.0	14.1	38	62	-1.00
38	78	5.4	-1.0	-1.0	0.10	0.04	3.8	5.5	-1.0	0.1	9.3	5.9	-1.0	-1.0	-1	-1.0	15.2	61	39	-1.00
78	108	5.7	-1.0	-1.0	0.15	0.03	8.3	8.6	-1.0	0.1	17.0	1.4	-1.0	-1.0	-1	-1.0	18.4	82	18	-1.00

**Características mineralógicas:**

La	U	Caol.	M.B.	Verm.	Clr.	Em.	Hdl.	Maz.	Quar.	Feld.	Ols.	Gra.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Epi-c.m.
0	10																
10	38																
38	78																
78	108																

**Características químicas especiales:**

La	U	Fe-d	Al-d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe-p	Al-p	P-nt.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	10	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
10	38	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
38	78	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
78	108	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0

Código del suelo	: PE057
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 1/90
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodriguez
- Localización	: Loreto, Maymas, Iquitos, Comunidad de "Mazanillo", a 1080 m de la margen derecha del río Itaya (aprox. a 25 km de su desembocadura en el río Amazonas).
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 53' 50" L.O.: 73° 18' 29"
- Material parental	: aluvial sub reciente, proveniente mayormente de los flancos laterales (Formación Iquitos) y, en menor proporción, de la base o fondo del cauce (Formación Pebas), del propio río, particularmente, de su tramo curvilíneo, presentando las terrazas antiguas más altas.
- Geoforma	: llanura de inundación de complejo de orillares sub recientes
- Posición	: llanura de restinga baja/bajial
- Pendiente	: gradiente : 1% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : anual tiempo: 1-2 meses nivel: 2-3 m
- Agua de escorrentía	: lenta
- Erosión	: grado : no erosión tipo : —
- Vegetación/ uso de la tierra	: bosque ribereño medio-alto, dominado por la especie "niejilla", con sotobosque "ralo". La principal limitación de uso constituye el drenaje.
Descripción general del perfil:	muy superficial, imperfectamente drenado, gris oscuro a gris; clara estratificación; arcilla no muestra un patrón definido de variación con la profundidad; sin horizonte diagnóstico. Suelo superficial (horizonte Ah) delgado (0-6 cm), no bien formado; tercer horizonte (20-50 cm) presenta pequeños nódulos ferri-árgicos en concentración baja (< 5%). Este perfil fue codificado como 1Y-4 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Endoaquent Típico, fino, ácido, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Fluvisol Eútrico
- Local	: Aluvial (restinga baja/bajial)

PE057

## Características físicas:

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arv.	De	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.5	pF 3.0	pF 4.0
0	6	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	23.4	-1.0	-1.0	20.8	47.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
6	20	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	4.4	-1.0	-1.0	15.8	79.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
20	50	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	40.8	50.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
50	110	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	15.6	-1.0	-1.0	84.2	20.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	6	4.8	-1.0	-1.0	1.57	0.26	16.1	3.5	-1.0	0.1	19.7	4.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	24.6	80	20	-1.00
6	20	5.1	-1.0	-1.0	0.42	0.06	18.3	6.8	-1.0	0.1	25.2	8.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	34.1	74	26	-1.00
20	50	5.5	-1.0	-1.0	0.22	0.04	20.8	9.7	-1.0	0.1	30.8	2.2	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	32.8	83	7	-1.00
50	110	6.5	-1.0	-1.0	0.08	0.03	16.1	8.5	-1.0	0.1	24.7	0.3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	25.1	90	1	-1.00

## Características mineralógicas:

La	U	Caol.	M.R.	Verm.	Chr.	Em.	Hail.	Maz.	Quar.	Feld.	Qbz.	Qzol.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt-c.m.
0	6																
6	20																
20	50																
50	110																

## Características químicas especiales:

La	U	Fe.d	Al.d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe.p	Al.p	P-ox	pHNaF	P-Clon	P-Stry
0	6	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
6	20	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
20	50	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
50	110	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0



- Código del suelo** : PE061
- Descripción general del lugar**
- Fecha : 1/90
  - Autor (es) : G. Paredes y F. Rodríguez
  - Localización : Loreto, Maynas, Iquitos, Caserio "Limón", a 940 m de la margen derecha río del Itaya (cerca: quebrada Yana-yacu).
  - Coord. Geográficas : L.S.: 4° 3' 40" L.O.: 73° 22' 3"
  - Material parental : aluvial sub reciente, proveniente mayormente de los flancos laterales (Formación Iquitos) y, en menor proporción, de la base o fondo del cauce (Formación Pebas), del propio río, particularmente, de su tramo curvilíneo, presentando las terrazas antiguas más altas.
  - Geoforma : llanura de inundación de complejo de orillares sub recientes
  - Posición : llanura de restinga baja
  - Pendiente : gradiente : 1% forma : recta
  - Inundación : frecuencia : anual tiempo: 2-4 meses nivel: 2-3 m
  - Agua de escorrentía : media
  - Erosión : grado : no erosión tipo : —
  - Vegetación/ uso de la tierra : bosque secundario alto ("purma" alta) con sotobosque "ralo". La principal limitación de uso constituye el drenaje.
- Descripción general del perfil:** muy superficial, imperfectamente drenado, pardo grisáceo oscuro a gris oscuro, pasando por pardo grisáceo; franco limoso a franco arcillo arenoso, pasando por franco arcillo limoso y franco arcilloso. Suelo superficial (horizonte Ah) muy delgado (0-5 cm) y no bien formado; sub suelo (horizonte B) moderadamente incrementado en arcilla, con pequeños nódulos ferri-árgicos. Subyacente a este horizonte se constata cierta "discontinuidad", en este caso, más de naturaleza física que química. Este perfil fue codificado como 3Y-2 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).
- Clasificación**
- USDA (SSS, 1994) : Tropaquept Típico, limoso fino, ácido, isohipertérmico
  - FAO-Unesco-ISRIC (1997) : Gleysol Distrito
  - Local : Aluvial (restinga baja)

PE061

**Características físicas:**

La	Li	Al	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Avr.	Da	pH 0.0	pH 1.0	pH 1.5	pH 2.0	pH 2.5	pH 2.7	pH 3.4	pH 4.2
0	5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	27.6	-1.0	-1.0	54.2	18.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
5	22	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	17.6	-1.0	-1.0	56.2	27.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
22	45	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	21.6	-1.0	-1.0	48.2	30.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
45	105	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	71.6	-1.0	-1.0	2.2	26.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
105	120	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	50.6	-1.0	-1.0	28.2	12.2	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

**Características químicas:**

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	5	4.9	-1.0	-1.0	1.53	0.27	7.8	1.0	-1.0	0.1	8.7	0.9	-1.0	-1.0	-1	-1.0	9.6	80	8	-1.00
5	22	4.9	-1.0	-1.0	0.82	0.08	3.4	0.6	-1.0	0.1	4.0	2.6	-1.0	-1.0	-1	-1.0	6.7	60	39	-1.00
22	45	5.0	-1.0	-1.0	0.31	0.05	2.9	1.1	-1.0	0.0	4.0	6.8	-1.0	-1.0	-1	-1.0	10.9	37	63	-1.00
45	105	5.1	-1.0	-1.0	0.15	0.02	2.1	1.3	-1.0	0.1	3.5	3.2	-1.0	-1.0	-1	-1.0	6.7	52	48	-1.00
105	120	5.5	-1.0	-1.0	0.09	0.02	3.6	2.7	-1.0	0.0	6.3	0.7	-1.0	-1.0	-1	-1.0	7.1	80	10	-1.00

**Características mineralógicas:**

La	Li	Carb.	M.B.	Verm.	Clor.	Em.	Hal.	Msc.	Quar.	Feld.	Gbs.	Gosl.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt.-c.m.
0	5																
5	22																
22	45																
45	105																
105	120																

**Características químicas especiales:**

La	Li	Feld	Alcl	Fe-m	Mn-m	Si-m	Fe-p	Al-p	P-rel	pHNaF	P-Clom	P-Bay
0	5	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
5	22	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
22	45	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
45	105	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
105	120	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0

Código del suelo	: PE062
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 1/90
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodríguez
- Localización	: Loreto, Maynas, Iquitos, Caserio "Soledad", a 320 m de la margen izquierda del río Itaya.
- Coord. Geográficas	: L.S.: 4° 4' 57" L.O.: 73° 23' 11"
- Material parental	: aluvial antiguo origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior; forma parte de la Formación Iquitos. Formación Pebas cerca de la superficie.
- Geoforma	: terraza de nivel 2
- Posición	: planicie de terraza
- Pendiente	: gradiente : 1% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : anual <sup>10</sup> tiempo : 1-2 meses nivel: + de 2 m
- Agua de escorrentía	: media
- Erosión	: grado : no erosión tipo : —
- Vegetación/ uso de la tierra	: bosque secundario ("purma") de 3 años. Se obtuvo sólo una cosecha de maíz. Principal limitación de uso: el drenaje.
Descripción general del perfil:	superficial, imperfectamente drenado, pardo grisáceo muy oscuro a gris parduzco claro, pasando por gris parduzco oscuro; prácticamente arcilloso en toda su extensión. Suelo superficial (horizonte Ah) muy delgado (0-3 cm) y no bien formado. Sub suelo (horizonte B) significativamente incrementado en arcilla, incluyendo motas finas, pardo fuertes. Subyacente a este horizonte se constata cierta discontinuidad en el material. Este perfil fue codificado como 4Y-2 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Endoaqualf Típico, muy fino, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Lixisol Férrico
- Local	: Aluvial (restinga baja)

<sup>10</sup> Por agua de lluvia, debido a la impermeabilidad de la discontinuidad litológica, presente a 50 cm de la superficie.

PE062

## Características físicas:

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Art.	Da	pF0.0	pF1.0	pF1.5	pF2.0	pF2.3	pF2.7	pF3.4	pF4.2
0	3	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	25.2	-1.0	-1.0	32.4	42.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
3	10	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	8.2	-1.0	-1.0	40.4	50.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
10	50	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	39.6	60.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
50	80	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	27.8	72.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
80	100	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.2	-1.0	-1.0	24.4	75.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Cu	Mg	Na	K	Sum.	Ac comb.	Al comb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	3	5.8	-1.0	-1.0	1.82	0.45	14.9	2.3	-1.0	0.3	17.5	1.5	-1.0	-1.0	-1	-1.0	19.1	82	8	-1.00
3	10	5.4	-1.0	-1.0	0.80	0.23	20.1	2.7	-1.0	0.1	22.9	0.3	-1.0	-1.0	-1	-1.0	23.2	80	1	-1.00
10	50	4.5	-1.0	-1.0	0.49	0.13	4.7	0.7	-1.0	0.1	5.5	4.8	-1.0	-1.0	-1	-1.0	10.1	54	45	-1.00
50	80	4.3	-1.0	-1.0	0.32	0.09	0.5	0.2	-1.0	0.1	0.7	18.7	-1.0	-1.0	-1	-1.0	17.5	4	88	-1.00
80	100	4.8	-1.0	-1.0	0.26	0.09	0.1	0.1	-1.0	0.1	0.3	18.2	-1.0	-1.0	-1	-1.0	18.6	2	88	-1.00

## Características mineralógicas:

La	Li	Caol.	M.B.	Verm.	Clor.	Em.	Hol.	Maz.	Cuar.	Feld.	Ola.	Gast.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Engl.-cm.
0	3																
3	10																
10	50																
50	80																
80	100																

## Características químicas especiales:

La	Li	Fed.	Al-d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe-p	Al-p	Pret.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	3	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
3	10	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
10	50	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
50	80	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
80	100	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0

Código del suelo	: PE064
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 8/79
- Autor (es)	: G. Paredes
- Localización	: Loreto, Maynas, Iquitos, Comunidad Quistococha, carretera Iquitos-Nauta, a 2.50 Km del Aeropuerto, talud izquierdo.
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 48' 10" L.O.: 73° 18' 40"
- Material parental	: aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario Superior, forma parte de la Formación Ipururo, con influencia de la Formación Iquitos.
- Geoforma	: terraza media.
- Posición	: planicie
- Pendiente	: gradiente : 2% forma : recta/lig. convexa
- Inundación	: frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: lenta
- Erosión	: grado : moderado tipo : laminar
- Vegetación/ uso de la tierra	: pasto natural "toro-urco", caracterizado por su escaso valor nutritivo y alta agresividad.
Descripción general del perfil:	muy profundo; algo excesivamente drenado; pardo oscuro a pardo amarillento y pardo fuerte, pasando por pardo amarillento oscuro; arena franca a franco arenosa; suelo superficial (horizonte Ap) espeso (0-70 cm), con altos niveles de fósforo disponible, por efecto de las escretas del ganado; sub suelo (horizonte B) diferenciado por la concentración y grado de hidratación de los óxidos de fierro. Este último sobreyace en una discontinuidad litológica, areno-cuarzosa, influenciada por la migración de óxidos de fierro particularmente en su parte superior. Este perfil fue codificado como 4-TA en el estudio, no publicado, efectuado por Paredes (1985).
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Kandiuult Arénico, arenoso, caolínico, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Ferralsol Háplico
- Local	: "Altura"

PE064

## Características físicas:

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Ar.	De	pH 0.0	pH 1.0	pH 1.5	pH 2.0	pH 2.3	pH 2.7	pH 3.4	pH 4.2
0	70	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	81.8	-1.0	-1.0	11.8	6.4	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
70	110	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	79.9	-1.0	-1.0	10.4	9.7	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
110	175	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	88.5	-1.0	-1.0	20.9	10.7	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
175	205	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	79.0	-1.0	-1.0	10.4	10.6	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
205	285	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	84.8	-1.0	-1.0	7.3	8.1	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
285	355	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	96.5	-1.0	-1.0	0.5	3.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
355	375	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	97.0	-1.0	-1.0	1.0	2.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Cu	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	ClC suelo	ClC arc.	ClC org.	ClCE	Set. base	Set. Al	C.E.
0	70	4.5	3.9	-1.0	0.83	0.06	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	4.7	1.2	-1.0	-1	-1.0	1.6	23	78	-1.00
70	110	4.8	4.3	-1.0	0.44	0.03	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	3.5	0.6	-1.0	-1	-1.0	0.8	25	74	-1.00
110	175	4.6	4.2	-1.0	0.32	0.02	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2	3.6	0.5	-1.0	-1	-1.0	0.7	27	71	-1.00
175	205	4.6	4.2	-1.0	0.26	0.01	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	3.7	0.5	-1.0	-1	-1.0	0.6	29	71	-1.00
205	285	4.9	4.2	-1.0	0.18	0.01	0.0	0.0	0.0	0.1	3.0	0.3	-1.0	-1	-1.0	0.4	28	72	-1.00	
285	355	5.1	4.3	-1.0	0.11	0.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.5	0.1	-1.0	-1	-1.0	0.2	69	31	-1.00
355	375	5.0	4.6	-1.0	0.02	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.7	0.0	-1.0	-1	-1.0	0.1	67	33	-1.00

## Características mineralógicas:

La	U	Caol.	M.B.	Verm.	Clor.	Em.	Hid.	Maz.	Quarz.	Feld.	Gib.	Gast.	Hem.	Min-X	Min-Y	Min-Z	Expt.-m.
0	70																
70	110																
110	175																
175	205																
205	285																
285	355																
355	375																

## Características químicas especiales:

La	U	Fe-d	Al-d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe-p	Al-p	P-ret.	pHNaF	P-Olsen	P-Brey
0	70	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
70	110	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
110	175	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
175	205	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
205	285	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
285	355	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
355	375	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0



Código del suelo	: PE065
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 12/89
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodriguez
- Localización	: Loreto, Maynas, Indiana, Comunidad de "Sinchicuy", a 733 m de la margen izquierda del río Amazonas (aprox. a 17 km "aguas abajo" de la ciudad de Iquitos).
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 36' 26" L.O.: 73° 10' 52"
- Material parental	: aluvial antiguo, origen andino; depositado en ambientes amazónicos durante el Terciario superior; formaría parte de la Formación Iquitos.
- Geoforma	: sistema de terrazas altas
- Posición	: planicie
- Pendiente	: gradiente : 5% forma : convexa/plana
- Inundación	: frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía	: media
- Erosión	: grado : severa tipo : laminar
- Vegetación/ uso de la tierra	: bosque secundario ("purma"), con plátano y guaba.
Descripción general del perfil:	superficial; moderadamente bien drenado; pardo muy oscuro a pardo amarillento y pardo fuerte, pasando por pardo amarillento oscuro; franco a franco arcillo limoso y arcillo limoso. Suelo superficial (horizonte Ah) muy delgado (0-1 cm) y discontinuo, por efectos de la erosión; y, un tanto compactado. Sub suelo (horizonte Bt) enriquecido en arcilla, incluyendo nódulos ferri-árgicos y fragmentos de plintita. Media una zona de transición entre ambos horizontes. Subyacente al sub suelo se constata una discontinuidad litológica arcillo limosa, gris clara, fuertemente coherente. Este perfil fue codificado como 1A-4 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Hapludult Típico, limoso fino, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Alisol Plíntico
- Local	: "Altura"

PE065

## Características físicas:

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Ar.	De	pH 6.0	pH 1.0	pH 1.5	pH 2.0	pH 2.3	pH 2.7	pH 3.4	pH 4.2
0	1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
1	9	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	33.0	-1.0	-1.0	50.0	17.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
9	25	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	19.0	-1.0	-1.0	48.0	33.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
25	58	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	7.0	-1.0	-1.0	50.0	43.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
58	108	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	2.0	-1.0	-1.0	61.0	37.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
108	123	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	48.0	51.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac comb.	Al comb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
1	9	4.3	-1.0	-1.0	0.35	0.17	0.8	0.8	-1.0	0.1	1.7	5.8	-1.0	-1.0	-1	-1.0	7.4	23	76	-1.00
9	25	4.4	-1.0	-1.0	0.80	0.11	0.2	0.5	-1.0	0.1	0.8	8.2	-1.0	-1.0	-1	-1.0	8.0	8	91	-1.00
25	58	4.7	-1.0	-1.0	0.36	0.08	0.2	0.6	-1.0	0.1	0.9	11.2	-1.0	-1.0	-1	-1.0	12.1	7	82	-1.00
58	108	4.8	-1.0	-1.0	0.21	0.05	0.1	2.2	-1.0	0.1	2.4	13.5	-1.0	-1.0	-1	-1.0	16.0	15	84	-1.00
108	123	4.8	-1.0	-1.0	0.17	0.04	0.4	0.8	-1.0	0.2	7.4	13.9	-1.0	-1.0	-1	-1.0	21.3	35	65	-1.00

## Características mineralógicas:

La	Li	Caol.	M.B.	Verm.	Clor.	Em.	Hol.	Maz.	Cuar.	Feld.	Giba.	Gast.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt.-m.
0	1																
1	9																
9	25																
25	58																
58	108																
108	123																

## Características químicas especiales:

La	Li	Fed	Al-d	Fe-ox	Al-ox	S-ox	Fe-p	Al-p	P-ret.	pHNaF	P-Quen	P-Gray
0	1	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
1	9	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
9	25	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
25	58	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
58	108	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
108	123	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

Código del suelo	: PE067
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 10/89
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodriguez
- Localización	: Loreto, Maynas, Iquitos, Caserio "San Antonio", a 430 m de la margen derecha del río Amazonas, aprox. a 12.5 km "aguas arriba" de la ciudad de Iquitos.
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 46' 31" L.O.: 73° 9' 16"
- Material parental	: aluvial reciente, proveniente de los Andes; depositado en ambientes amazónicos durante el Cuaternario holocénico; forma parte de la Formación Corrientes.
- Geoforma	: terraza de nivel I
- Posición	: planicie
- Pendiente	: gradiente : 1% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : anual tiempo: 2 meses nivel: 3 m
- Agua de escorrentia	: lenta
- Erosión	: grado : no erosión tipo : —
- Vegetación/ uso de la tierra	: bosque ribereño con predominio de tangarana.
Descripción general del perfil:	moderadamente profundo; imperfectamente drenado; pardo grisáceo oscuro a pardo; franco arcillo limoso a arcillo limoso. Suelo superficial (horizonte Ah) delgado (0-8 cm) y granular; sub suelo (horizonte B), medio y blocoso, determinado por la presencia moderada de arcilla iluvial. Entre ambos media una zona de transición. Todo el perfil presenta motas, mayormente finas. Rasgos de estratificación sedimentaria son más evidentes en las capas inferiores que en las superiores. La capa más inferior (la menos arcillosa) presenta nódulos pequeños. Este perfil fue codificado como 2A-3 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Tropaquept Típico, limoso fino, mezclado, no ácido, isohipertérmico.
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Gleysol Eútrico
- Local	: Aluvial ("bajial")

PE067

## Características físicas:

Ls	U	A1	A2	A3	A4	A5	Ts	L1	L2	T1	Are	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	70.0	30.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
8	24	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	57.0	43.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
24	48	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	-1.0	53.0	47.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
48	118	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.4	-1.0	-1.0	75.8	16.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

Ls	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suabo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sat. base	Sat. Al	C.E.
0	8	4.4	-1.0	-1.0	0.86	0.12	12.9	3.0	-1.0	0.2	16.0	1.4	-1.0	-1.0	-1	-1.0	17.5	92	8	-1.00
8	24	4.8	-1.0	-1.0	0.73	0.12	15.0	3.7	-1.0	0.1	18.8	0.9	-1.0	-1.0	-1	-1.0	19.7	85	5	-1.00
24	48	6.2	-1.0	-1.0	0.41	0.08	21.3	5.1	-1.0	0.1	26.5	0.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	26.5	100	0	-1.00
48	118	6.5	-1.0	-1.0	0.26	0.04	14.7	5.2	-1.0	0.1	20.0	0.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	20.0	100	0	-1.00

## Características mineralógicas:

Ls	U	Caol.	M.B.	Verm.	Clor.	Esm.	Hail.	Maz.	Quar.	Feld.	Qbz.	Gast.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Engl.-c.m.
0	8																
8	24																
24	48																
48	118																

## Características químicas especiales:

Ls	U	Fe.d	Al.d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe-p	Al-p	P-oxl.	pHNaF	P-Oxam	P-Bay
0	8	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
8	24	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
24	48	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
48	118	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

Código del suelo : PE068

#### Descripción general del lugar

- Fecha : 9/89

- Autor (es) : G. Paredes y F. Rodríguez

- Localización : Loreto, Maynas, Iquitos, 1.5 km "aguas abajo" del Caserio "Augusto Freyre", a 900 m de la margen izquierda del cauce principal del río Amazonas.

- Coord. Geográficas : L.S.: 3° 56' 12" L.O.: 73° 16' 16"

- Material parental : restos vegetales de especies hidrófilas, descompuestos en un ambiente de saturación de agua permanente.

- Geoforma : terraza alta

- Posición : planicie de terraza de relieve deprimido

- Pendiente : gradiente : 1% forma : cóncava

- Inundación : frecuencia : no inund. tiempo: --- nivel: ---

- Agua de escorrentía : emposada

- Erosión : grado : no erosión tipo : ---

- Vegetación/ uso de la tierra : bosque hidrófilo dominado por palmeras, particularmente por la especie "aguaje" (*Mauritia flexuosa*).

**Descripción general del perfil:** superficial; muy pobremente drenado; pardo rojizo oscuro a rojo oscuro, pasando por gris muy oscuro y pardo rojizo oscuro. A parte del epipedón Hístico, estratificado, tipo "fábrico", muy espeso (variable entre 1 y 4 m, en los 2 primeros kms, a partir de la orilla del río), no presenta otra característica diagnóstica. Las condiciones de hidromorfia permanente, generada por la acumulación del agua de lluvia, se explica, tanto, por la depresión cerrada de la planicie, como por la naturaleza arcillosa, fuertemente gleyzada del material subyacente, posiblemente formando parte de la Formación Pebas. Este perfil fue codificado como 3A-2 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).

#### Clasificación

- USDA (SSS, 1994) : Tropofibril Tipo, ácido, isohipertérmico

- FAO-Unesco-ISRIC (1997) : Histosol Fábrico

- Local : "Aguajal"

PE068

#### Características físicas:

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arc.	Da	pF0.0	pF1.0	pF1.5	pF2.0	pF2.5	pF2.7	pF3.4	pF4.2
0	40	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
40	80	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
80	100	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
100	300	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
300	320	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

#### Características químicas:

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ce	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	40	4.2	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	0.5	0.3	-1.0	0.1	0.8	1.4	-1.0	-1.0	-1	-1.0	2.4	38	58	-1.00
40	80	3.8	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	0.3	0.4	-1.0	0.1	0.7	0.9	-1.0	-1.0	-1	-1.0	1.7	42	53	-1.00
80	100	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
100	300	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00
300	320	-1.0	-1.0	-1.0	-1.00	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	-1.0	-1	-1	-1.00

#### Características mineralógicas:

La	Li	Caol.	M.B.	Verm.	Clor.	Em.	Hdl.	Maz.	Quar.	Feld.	Gbs.	Gst.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Engl.-cm.
0	40																
40	80																
80	100																
100	300																
300	320																

#### Características químicas especiales:

La	Li	Fe-d	Al-d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe-p	Al-p	P-ret.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	40	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
40	80	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
80	100	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
100	300	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
300	320	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0



Código del suelo	: PE069
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 10/89
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodríguez
- Localización	: Loreto, Maynas, Fernando Lores, Tamshiyacu, "Huimbaño", a 630 m de la margen izquierda del río Amazonas (aprox. a 3 km "aguas abajo" del poblado de Tamshiyacu).
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 59' 24" L.O.: 73° 10' 56"
- Material parental	: aluvial reciente, proveniente de los Andes; depositado en ambientes amazónicos durante el Cuaternario holocénico; forma parte de la Formación Corrientes.
- Geoforma	: llanura de inundación de complejo de orillares recientes.
- Posición	: llanura de restinga baja
- Pendiente	: gradiente : 1% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : anual tiempo: 3-4 meses nivel: 1.70 m
- Agua de escorrentía	: lenta
- Erosión	: grado : no erosión tipo : --
- Vegetación/ uso de la tierra	: vegetación natural baja, predominantemente arbustiva.
Descripción general del perfil:	moderadamente profundo, imperfectamente drenado; pardo grisáceo oscuro a pardo, pasando por gris parduzco claro y pardo pálido; alternando entre franco arcillo limoso y arcillo limoso (clara estratificación). Sin horizonte diagnóstico, la arcilla no presenta patrón definido de variación con la profundidad. Motas finas entre pardo fuerte y pardo rojizas presentes en toda su extensión. Este perfil fue codificado como SA-3, en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Tropofluvent Típico, limoso fino, mezclado, no ácido, isohipertérmico.
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Fluvisol Eútrico
- Local	: Aluvial (restinga baja)

PE069

## Características físicas:

Lo	U	A1	A2	A3	A4	A5	Ts	L1	L2	T1	Arc.	Da	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	4	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	7.8	-1.0	-1.0	55.4	30.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
4	16	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	6.0	-1.0	-1.0	57.2	42.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
16	36	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	6.0	-1.0	-1.0	63.2	30.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
36	86	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	8.8	-1.0	-1.0	66.4	24.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
86	101	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	9.8	-1.0	-1.0	62.4	30.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
101	126	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	9.8	-1.0	-1.0	74.4	24.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

Lo	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suab.	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sat. base	Sat. Al	C.E.
0	4	5.0	-1.0	-1.0	1.65	0.28	18.5	2.8	-1.0	0.1	21.5	0.5	-1.0	-1.0	-1	-1.0	22.0	88	2	-1.00
4	16	4.9	-1.0	-1.0	0.81	0.15	13.8	2.8	-1.0	0.1	16.4	3.1	-1.0	-1.0	-1	-1.0	19.8	84	16	-1.00
16	36	5.1	-1.0	-1.0	0.42	0.09	8.5	3.5	-1.0	0.1	12.1	5.4	-1.0	-1.0	-1	-1.0	17.5	69	31	-1.00
36	86	7.6	-1.0	-1.0	0.15	0.04	10.7	14.2	-1.0	0.1	25.0	0.2	-1.0	-1.0	-1	-1.0	25.2	89	1	-1.00
86	101	8.1	-1.0	-1.0	0.17	0.04	10.1	14.2	-1.0	0.1	24.4	0.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	24.4	100	0	-1.00
101	126	8.1	-1.0	-1.0	0.16	0.03	11.0	14.7	-1.0	0.1	25.7	0.0	-1.0	-1.0	-1	-1.0	25.8	100	0	-1.00

## Características mineralógicas:

Lo	U	Coal.	M.B.	Verm.	Chl.	Esm.	Hail.	Mic.	Quar.	Feld.	Gibb.	Opal.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Expt.-m.
0	4																
4	16																
16	36																
36	86																
86	101																
101	126																

## Características químicas especiales:

Lo	U	Feld.	Alf.	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fsp.	Alp.	P-sol.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	4	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
4	16	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
16	36	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
36	86	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
86	101	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	
101	126	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	

Código del suelo	: PE071
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 11/89
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodríguez
- Localización	: Loreto, Loreto, Nauta, Caserío Justicia, a 340 m de la margen derecha del río Amazonas (aprox. a 40 km "aguas abajo" de la confluencia de los ríos Ucayali y Marañón)
- Coord. Geográficas	: L.S.: 4° 8' 20" L.O.: 73° 20' 2"
- Material parental	: aluvial reciente, proveniente de los Andes; depositado en ambientes amazónicos durante el Cuaternario holocénico; forma parte de la Formación Corrientes.
- Geoforma	: llanura de inundación de complejo de orillares recientes
- Posición	: llanura de restinga baja
- Pendiente	: gradiente : 1% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : anual tiempo: 2-3 meses nivel: 0.10 m
- Agua de escorrentía	: lenta
- Erosión	: grado : no erosión tipo : —
- Vegetación/ uso de la tierra	: bosque ribereño con sotobosque "ralo". A pocos metros se observó una "chacra" de plátano.
Descripción general del perfil:	moderadamente profundo; moderadamente bien drenado; pardo oscuro a gris muy oscuro, pasando por gris oscuro y pardo grisáceo oscuro; clara estratificación, variando entre franco arenoso, franco y franco limoso. A parte del epipedón ócrico no presenta otro horizonte diagnóstico; la arcilla no presenta patrón de variación con la prof. Motas finas, pardo rojizo oscuras, aumentan con la profundidad. Nivel superior de la "napa freática" se sitúa entre 10 y 20 cm sobre la superficie del suelo. Este perfil fue codificado como 9A-2 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Fluvaquent Trópico, limoso grueso, mezclado, no ácido, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Fluvisol Eútrico
- Local	: Aluvial (restinga baja)

PE071

## Características físicas:

La	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	T1	Arc.	De	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	9	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	24,6	-1,0	-1,0	40,4	26,0	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
9	40	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	1,8	-1,0	-1,0	83,6	14,6	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
40	97	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	60,8	-1,0	-1,0	33,6	5,6	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
97	137	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	-1,0	-1,0	76,4	20,6	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0
137	157	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	40,8	-1,0	-1,0	42,6	7,8	-1,00	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0

## Características químicas:

La	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac comb.	Al comb.	CIC suelo	CIC arc.	CIC org.	CICE base	Sol. base	Sol. Al	C.E.
0	9	6,0	-1,0	-1,0	0,79	0,11	17,9	4,7	-1,0	0,0	22,8	0,0	-1,0	-1,0	-1	-1,0	22,7	100	0	-1,80
9	40	7,4	-1,0	-1,0	0,38	0,08	17,4	3,2	-1,0	0,0	20,8	0,1	-1,0	-1,0	-1	-1,0	20,7	100	0	-1,80
40	97	7,5	-1,0	-1,0	0,12	0,02	7,8	2,1	-1,0	0,2	9,8	0,0	-1,0	-1,0	-1	-1,0	9,8	100	0	-1,80
97	137	7,3	-1,0	-1,0	0,04	0,05	18,3	3,9	-1,0	0,1	22,3	0,1	-1,0	-1,0	-1	-1,0	22,5	98	0	-1,80
137	157	7,3	-1,0	-1,0	0,22	0,03	8,8	2,3	-1,0	0,1	11,2	0,0	-1,0	-1,0	-1	-1,0	11,3	100	0	-1,80

## Características mineralógicas:

La	Li	Caol.	M.B.	Verm.	Chc.	Em.	Hed.	Mic.	Quar.	Feld.	Olib.	Gro.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Engl.-cm.
0	9																
9	40																
40	97																
97	137																
137	157																

## Características químicas especiales:

La	Li	Fe.d	Al.d	Fe-ox	Al-ox	Si-ox	Fe.p	Al.p	P-ret.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	9	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0
9	40	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0
40	97	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0
97	137	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0
137	157	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1	-1,0	-1,0	-1,0

Código del suelo	: PE074
Descripción general del lugar	
- Fecha	: 10/89
- Autor (es)	: G. Paredes y F. Rodríguez
- Localización	: Loreto, Maynas, Fernando Lores, Tamshiyacu, "Granja du petit", a 40 m de la margen derecha del río Amazonas (aprox. a 3 km "aguas abajo" del poblado de Tamshiyacu).
- Coord. Geográficas	: L.S.: 3° 59' 37" L.O.: 73° 09' 43"
- Material parental	: aluvial reciente, proveniente de los Andes; depositado en ambientes amazónicos durante el Cuaternario holocénico; forma parte de la Formación Corrientes.
- Geoforma	: terraza nivel I
- Posición	: planicie
- Pendiente	: gradiente : 0.05% forma : recta
- Inundación	: frecuencia : anual tiempo: 1-2 meses nivel: 1.30 m
- Agua de escorrentía	: muy lenta
- Erosión	: grado : no erosión tipo : —
- Vegetación/ uso de la tierra	: pasto natural "toro-urco", caracterizado por su escaso valor nutritivo y alta agresividad.
Descripción general del perfil:	moderadamente profundo; imperfectamente drenado; pardo grisáceo y franco limoso, predominantemente. Tanto en el suelo superficial, como en el sub suelo, se observan motas; en el primero, son pardo rojizo oscuras, variables entre pocas y comunes, mientras que en el segundo, son rojo oscuras y rojas, y su concentración: "comunes" (entre 2 y 20%). La napa freática fluctúa entre 1 y 2 m sobre la superficie y 1 m de profundidad. En el estudio efectuado por Paredes et al. (1993) este perfil figura con el código 6A-1.
Clasificación	
- USDA (SSS, 1994)	: Tropaquept Típico, limoso grueso, montmorillonítico, no ácido, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997)	: Gleysol Eutricto
- Local	: "Aluvial" (restinga baja/ bajial)

PE074

## Características físicas:

La	U	A1	A2	A3	A4	A5	Tn	L1	L2	T1	Ar.	Ds	pF 0.0	pF 1.0	pF 1.5	pF 2.0	pF 2.3	pF 2.7	pF 3.4	pF 4.2
0	14	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	24.4	-1.0	-1.0	66.8	8.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
14	24	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	38.4	-1.0	-1.0	55.8	4.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
24	39	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	12.4	-1.0	-1.0	70.8	16.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
39	84	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	19.4	-1.0	-1.0	65.8	14.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

La	U	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	sum.	Ac. camb.	Al. camb.	CIC suela	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sat. base	Sat. Al	C.E.
0	14	7.4	-1.0	-1.0	0.44	0.06	14.2	2.6	-1.0	0.1	16.2	0.10	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	16.4	80	1	-1.00
14	24	7.8	-1.0	-1.0	0.13	0.03	19.8	1.2	-1.0	0.1	12.1	0.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	12.1	100	0	-1.00
24	39	7.0	-1.0	-1.0	0.79	0.10	15.7	3.7	-1.0	0.1	19.4	0.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	19.5	100	0	-1.00
39	84	6.8	-1.0	-1.0	0.22	0.05	12.4	4.5	-1.0	0.1	17.0	0.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	17.1	100	0	-1.00

## Características mineralógicas:

La	U	Clas.	M.B.	Verm.	Char.	Em.	Hab.	Mic.	Quar.	Feld.	Qbz.	Quar.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Exp-L-m.
0	14																
14	24																
24	39																
39	84																

## Características químicas especiales:

La	U	Fed	Al-d	Fe-on	Al-on	Si-on	Fsp	Alp	Prel.	pHNaF	P-Olsen	P-Bray
0	14	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
14	24	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
24	39	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
39	84	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0



- Código del suelo : PE077
- Descripción general del lugar
- Fecha : 10/89
- Autor (es) : G. Paredes y F. Rodríguez
- Localización : Loreto, Maynas, Fernando Lores, Tamshiyacu, "Huimbarcaño", a 1460 m de la margen izquierda del río Amazonas (aprox. a 3 km "aguas abajo" del poblado de Tamshiyacu).
- Coord. Geográficas : L.S.: 3° 59' 46" L.O.: 73° 11' 16"
- Material parental : aluvial reciente, proveniente de los Andes; depositado en ambientes amazónicos durante el Cuaternario holocénico; forma parte de la Formación Corrientes.
- Geoforma : llanura de inundación de complejo de orillares recientes
- Posición : llanura de restinga media
- Pendiente : gradiente : 1% forma : recta
- Inundación : frecuencia : esporádica. tiempo: --- nivel: ---
- Agua de escorrentía : lenta
- Erosión : grado : no erosión tipo : ---
- Vegetación/ uso de la tierra : plantación de plátano abandonada (platanal "empurmado"). La vegetación natural original fue el bosque bajo con predominio de "yarina", palmera indicadora de fertilidad, según los agricultores de la región.
- Descripción general del perfil: moderadamente profundo; moderadamente bien drenado; pardo muy oscuro a pardo y pardo grisáceo; franco arenoso en toda su extensión. Suelo superficial granular y sub suelo blocoso, en ambos casos de grado débil; discreto incremento de arcilla en horizonte B. Nivel superior de zona de fluctuación de la "napa freática" se sitúa a 60 cm de la superficie del suelo. Este perfil fue codificado como 5A-5 en el estudio efectuado por Paredes et al. (1993).
- Clasificación
- USDA (SSS, 1994) : Eutrocept Típico, limoso grueso, mezclado, no ácido, isohipertérmico
- FAO-Unesco-ISRIC (1997) : Cambisol Eútrico
- Local : "Aluvial" (restinga media)

PE077

## Características físicas:

Le	Li	A1	A2	A3	A4	A5	Ta	L1	L2	Ti	Arc.	Da	pH 0.0	pH 1.0	pH 1.5	pH 2.0	pH 2.5	pH 2.7	pH 3.4	pH 4.2
0	12	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	62.8	-1.0	-1.0	34.4	2.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
12	57	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	56.8	-1.0	-1.0	31.4	8.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
57	87	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	72.4	-1.0	-1.0	22.8	4.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
87	137	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	56.4	-1.0	-1.0	36.8	6.8	-1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0

## Características químicas:

Le	Li	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	CaCO <sub>3</sub>	C org.	N tot.	Ca	Mg	Na	K	Sum.	Ac carb.	Al carb.	CIC suabo	CIC arc.	CIC org.	CICE	Sat. base	Sat. Al	C.E
0	12	5.7	-1.0	-1.0	1.51	0.43	19.8	4.1	-1.0	0.2	24.0	1.00	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	25.1	06	4	-1.0
12	57	6.6	-1.0	-1.0	0.32	0.08	7.8	2.3	-1.0	0.1	10.2	0.10	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	10.3	08	1	-1.0
57	87	6.3	-1.0	-1.0	0.11	0.02	4.5	4.8	-1.0	0.1	9.1	0.10	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	9.3	09	1	-1.0
87	137	6.2	-1.0	-1.0	0.09	0.02	5.2	4.8	-1.0	0.1	9.9	0.20	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	10.1	08	2	-1.0

## Características mineralógicas:

Le	Li	Cent.	M.B.	Verm.	Chr.	Esm.	Hol.	Ms.	Quar.	Feld.	Gib.	Quar.	Hem.	Mn-X	Mn-Y	Mn-Z	Engl.-c.m.
0	12																
12	57																
57	87																
87	137																

## Características químicas especiales:

Le	Li	Fe d.	Al d.	Fe ox.	Al ox.	Si ox.	Al p.	P-rel.	pHMF	P-Oxam	P-Bray
0	12	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
12	57	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
57	87	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0
87	137	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1	-1.0	-1.0	-1.0



# CAPÍTULO 6

## SUELOS ALUVIALES RECIENTES DE LA ZONA IQUITOS-NAUTA

Gobert Paredes Arce, Sjef Kauffman y Risto Kalliola

---

### RESUMEN

Se realizó un estudio pedogenético de las áreas aluviales recientes del río Amazonas (tramo Iquitos-Nauta) e inferior del río Itaya. En las llanuras recientes del Amazonas, las áreas más próximas a la orilla son más arenosas que las áreas más alejadas; mientras la arena decrece con la distancia del río, la arcilla tiende a aumentar. Las características pH, potasio cambiante y saturación de bases, correlacionan positivamente con la fracción arena, mientras que las características carbón orgánico, fósforo disponible, calcio y magnesio cambiables, suma de bases, acidez cambiante, capacidad de intercambio catiónica efectiva (CICE) y saturación de aluminio, correlacionan negativamente con la misma fracción. En ambos casos, todas las variables correlacionan en forma inversa, respecto a su correlación con la arena, cuando se las correlaciona con las fracciones limo y arcilla. La estratificación sedimentaria en playas y diques es más clara, más contrastante en granulometría y menos afectada por procesos pedogenéticos que aquella de las geoformas que constituyen parte de la zona depresionada de la llanura (cochas, tahuampas, bajiales y restingas bajas), generalmente menos contrastante y mayormente constituida por sedimentos más finos (limo y arcilla). En el Amazonas, la fuente principal de potasio cambiante sería la fracción gruesa y aquella del calcio y magnesio cambiables las fracciones media y fina; en el Itaya, el suministro de todos estos nutrientes estaría más relacionado a las fracciones media y fina. Las geoformas localizadas más cercanas a la margen del río, tales como playas y diques, no presentan nódulos ferri-árgicos, mientras que aquellas que forman parte de la zona depresionada, si presentan estas formaciones, al igual que las restingas medias. La estratificación sedimentaria de las restingas medias, no obstante, a su débil modificación por efectos pedogenéticos, son las más afectadas en relación con la modificación que experimentan las demás geoformas. Los suelos de las geoformas identificadas, clasifican en los Ordenes Entisol, Inceptisol e Histosol (USDA) y en Fluvisoles, Gleysoles/Cambisoles e Histosoles (Leyenda FAO/UNESCO). Se concluye que los suelos aluviales estudiados presentan una alta potencialidad para la producción agrícola y forestal, y que el nivel del conocimiento científico actual limita el desarrollo de alternativas tecnológicas que permitan la optimización de su uso.

En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. *Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú*. *Annales Universitatis Turkuensis Ser A II* 114: 231-251.



## INTRODUCCIÓN

El recurso suelo con potencial agrícola es uno de los más escasos en el Perú. Según la ONERN (1981), este recurso representa menos del 6 % de la superficie territorial del país. En la Región Loreto, representada básicamente por las llanuras aluviales recientes de los grandes ríos Amazónicos (Marañón, Ucayali y Amazonas), constituiría menos del 2 % de la superficie total de la cuenca, estimada en 759 052 km<sup>2</sup> (Rodríguez 1990).

La mayor parte de los productos agrícolas que se consumen en la Amazonía peruana y particularmente en la ciudad de Iquitos, provienen precisamente de las áreas aluviales. Estas tierras, en virtud a la fertilidad natural que poseen gracias a la renovación anual de los depósitos aluviales con sedimentos ricos en minerales provenientes de los Andes, vendrían siendo pobladas desde mucho tiempo atrás (Hiraoka 1989a). Inicialmente las áreas aluviales inundables habrían sido ocupadas por nativos de la Amazonía, quienes poco a poco fueron perdiendo los rasgos peculiares de su propia cultura, como consecuencia del largo proceso de mestizaje con campesinos provenientes de otros departamentos.

Las labores culturales demandan mucho esfuerzo y a la vez son muy riesgosas, al igual que las crecientes inesperadas durante la campaña de cultivo. En su revisión de datos registrados de nivel del río Amazonas entre 1933-1995, Tuukki *et al.* (1986) señalan que las diferencias entre los mínimos y máximos anuales típicamente varían entre cinco y diez metros. Estas variaciones de nivel, junto con las migraciones del cauce, provocan cambios que originan problemas muy particulares y de muy difícil solución que el agricultor ribereño amazónico debe afrontar.

El uso más eficiente de estos ambientes debería ser enfocado prioritariamente por los investigadores y académicos. Sin duda, acciones de este tipo serían las formas más concretas de colaborar y/o identificarse con los problemas del agricultor ribereño. Desde nuestro punto de vista, sería necesario contar con un esfuerzo integrado de agrónomos, biólogos, ecólogos, geólogos, geógrafos, hidráulicos, sociólogos, trabajadores sociales y especialistas en salud, para generar alternativas integrales concretas de desarrollo para estas áreas.

El objetivo principal del presente capítulo, es proporcionar información general de los suelos aluviales, para que puedan ser comparados con los del ambiente no inundable, más extensivamente discutidos en el presente libro. La fuente principal de información, es el análisis parcial de los datos generados en la investigación "Caracterización del potencial de fertilidad natural de los suelos aluviales de la zona Iquitos-Nauta (ríos Amazonas e Itaya)", ejecutado entre 1989 y 1993 con apoyo financiero de la Fundación para el desarrollo del agro (FUNDEAGRO) (Paredes *et al.* 1993). Como fuentes complementarias se usaron las investigaciones sobre dinámica fluvial y vegetación ribereña (Kalliola *et al.* 1992, Puhakka *et al.* 1992, Puhakka & Kalliola 1993, Jokinen *et al.* 1996). Los objetivos planteados en el presente estudio fueron: la caracterización morfológica y estructural, de los suelos de las geoformas del paisaje aluvial de los ríos Amazonas e Itaya, este último en su tramo bajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio incluye, básicamente, dos áreas aluviales: una en el río Amazonas y la otra en el río Itaya (Figura 6.1). En el Amazonas, el área de estudio, fue el sector comprendido entre la Comunidad de Miguel Grau, cerca de la confluencia de los ríos Marañón y Ucayali, y la Comunidad de Sinchicuy, aproximadamente a 17 km aguas abajo de la ciudad de Iquitos. En el río Itaya, el área de estudio comprendió el último tramo del curso meándrico y el tercio superior del curso directo del río, el tramo comprendido entre la Comunidad de Soledad (margen izquierda) y la Comunidad de Mazanillo (margen derecha).

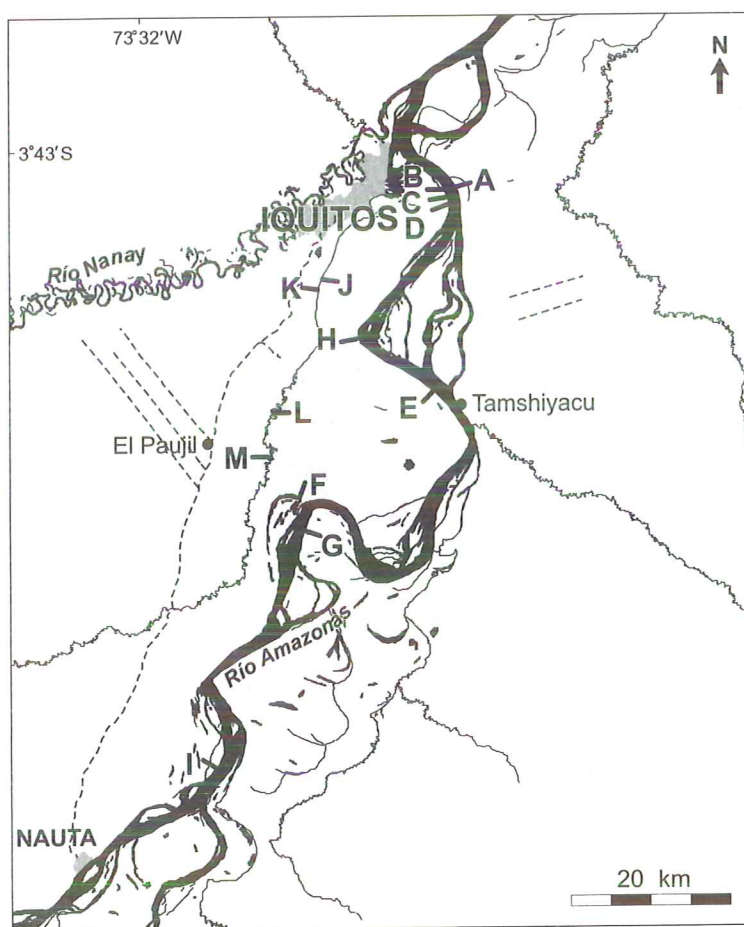


Figura 6.1. Mapa de las áreas estudiadas mostrando la localización de los transectos. Las letras A-M indican sitios de estudio, ver la Tabla 6.1.

A partir de la foto-interpretación de una foto-carta de 1:200 000 se delimitó las diferentes unidades fisiográficas identificadas en las áreas de estudio. Una vez identificadas las diferentes unidades fisiográficas, se seleccionaron aquellas que serían estudiadas, abriéndose en ellas trochas perpendiculares al relieve a partir de la orilla del río, frecuentemente de 2 km de largo, con el fin de efectuar la nivelación topográfica para establecer el perfil longitudinal de las trochas. Estos transectos fueron utilizados para seleccionar los puntos donde se estudiarían los perfiles de suelos, los mismos que fueron en total 13. El número de perfiles estudiados por transecto varió de 3 a 9, correspondiendo los números menores a las llanuras recientes del Itaya y los números mayores a las llanuras recientes del Amazonas.

La descripción morfológica de los perfiles de suelo generalmente se hizo hasta la profundidad de la "napa freática" (nivel de agua en el suelo), siguiendo muy de cerca las directivas de la FAO (1977). Se otorgó una importancia especial a la información relacionada con el relieve, drenaje interno, nivel, tiempo y época de inundación, vegetación natural y uso de la tierra. En total se establecieron 59 calicatas y se describieron 241 horizontes y/o capas sedimentarias (Tabla 6.1). Las muestras de suelos provenientes de los diferentes perfiles estudiados fueron enviadas a los Laboratorios de Suelos de la Estación Agrícola Experimental de Yurimaguas (Perú), para los análisis de caracterización física y química correspondientes. Una descripción detallada de la colección de muestras y de los métodos analíticos utilizados se encuentra en el Apéndice 5.3 del Capítulo 5. En el presente capítulo, usamos solamente, con fines comparativos, resultados de análisis de suelos de la capa superficial (0-10 cm).

Tabla 6.1. Caracterización geomorfológica de los sitios donde se estudiaron transectos.

RÍO/ LOCALIDAD	Código en la Fig. 6.1.	Formación geomorfológica	Número de perfiles	Número de horizontes y/o capas
<b>AMAZONAS:</b>				
Comunidad de San Antonio	A	Llanura de desborde	7	25
Caserío de San Miguel	B	Complejo de orillales recientes	7	24
Caserío de San Miguel	C	Complejo de orillales recientes	7	24
Caserío Cañaveral	D	Complejo de orillales recientes	2	14
Caserío de Huimba-caño	E	Complejo de orillales recientes	5	23
Frente a la com. de Justicia	F	Aguajal	5	21
Comunidad de Justicia	G	Complejo de orillales recientes	5	28
Aguas abajo com. Augusto Freyre	H	Aguajal	5	19
Caserío de Miguel Grau	I	Complejo de orillales recientes	3	16
<b>ITAYA:</b>				
Caserío de Mazanillo	J	Complejo de orillales recientes	5	19
Comun. de Cabo Lopez	K	Complejo de orillales recientes	5	21
Caserío de Limón	L	Llanura de desborde	2	9
Frente a caserío de Limón	M	Llanura de desborde	3	11



## LLANURAS DE INUNDACIÓN Y DE DESBORDE

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

El material sedimentario depositado en las llanuras aluviales recientes del Amazonas proviene de los Andes (Salo *et al.* 1986). En el tramo alto del río Itaya, los sedimentos recientes provienen de tierra firme, de formaciones geológicas de orígenes diferentes (véase Capítulo 4). En el tramo bajo de Itaya, el canal del río es casi directo, ocupando un caño originalmente formado por el río Amazonas; en ésta posición, los depósitos de las áreas más próximas al río, tienden a ser importados por el mismo río; en cambio, los sedimentos más lejanos, constituyen depósitos del río Amazonas, los mismos que formarían parte en su gran **planicie de inundación** (en algunas otras fuentes, los términos "llanura aluvial" o "llanura de inundación" pueden referir a la misma formación). Esta última situación caracteriza los sitios tratados en el presente estudio (véase Figura 6.1 y Figura 6.2).

#### Planicie de inundación

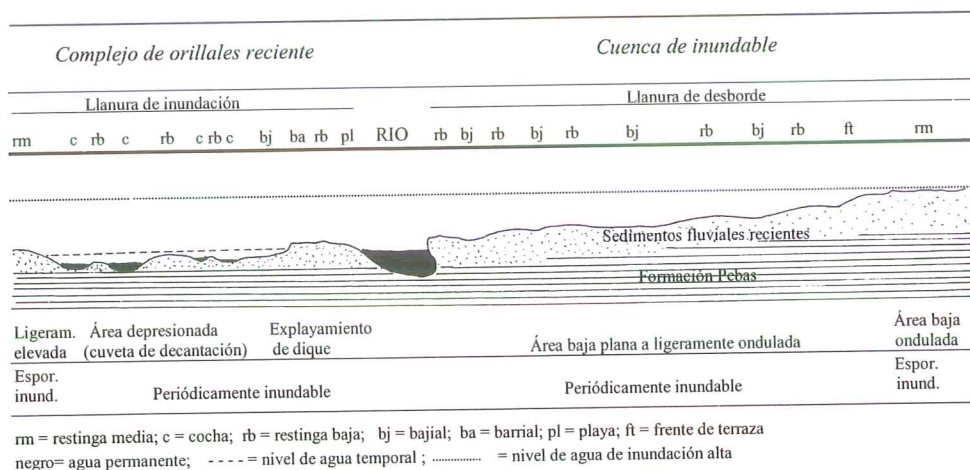


Figura 6.2. Geoformas frecuentemente observadas en las llanuras de inundación y de desborde del río Amazonas.

En el texto, la **llanura de inundación** del río Amazonas, se refiere a la zona caracterizada por el **complejo de orillales** recientes, que sigue el cauce del río, tanto en sus tramos directos como en sus tramos anastomosados (con islas semi-permanentes) y curvilíneos (o meándricos). Esta zona está sometida a procesos erosivos y sedimentarios de carácter continuo; existen variaciones pronunciadas en estos cambios, tanto a lo largo del mismo río como en años diferentes, según la

cantidad y características de los sedimentos que arrastre (Tuukki *et al.* 1996). Contrariamente, **la llanura de desborde** (o **cuenca inundable**) casi no presenta rasgos recientes de migraciones fluviales; sin embargo presentan un drenaje pobre y están sometidas mayormente a procesos de sedimentación.

Rodríguez *et al.* (1991) consideran que los orillales se forman a partir de los sedimentos acarreados por las aguas de los ríos durante la inundación, en época de creciente, los mismos que son depositados en la llanura de inundación como consecuencia de la pérdida o disminución de la velocidad de flujo de las aguas, adoptando éstos forma de camellones muy suavemente curvados los que muchas veces alternan con cursos temporales o abandonados de ríos y quebradas, conocidos regionalmente como **cochas**.

A causa de la mayor fuerza con la que corre el agua sobre la llanura de inundación, favorecida por los niveles más bajos y su menor gradiente respecto a las llanuras de desborde, la inundación misma es turbulenta y da lugar tanto a sedimentación como a erosión, generando superficies más complejas respecto a relieve y composición granulométrica. Contrariamente, en la llanura de desborde, el agua fluye suavemente sobre la superficie, prácticamente en forma laminar. Se produce así una sedimentación más uniforme, siendo ésta la explicación del porqué estas llanuras son más planas y más uniformes en composición granulométrica.

Casi siempre las llanuras de inundación son menos extensas, y muchas veces presentan vegetación pantanosa, tales como los **aguajales** caracterizados por la palmera *Mauritia flexuosa*. En los tramos rectos, las llanuras de desborde corresponden con frecuencia a "terrazas bajas" ligeramente onduladas, caracterizándose por presentar las áreas ligeramente depresionadas tipificadas como **bajiales**, según la terminología regional. Las áreas ligeramente elevadas tipificadas como **restingas bajas** no difieren mayormente en vegetación y condiciones edáficas de aquellas correspondientes a los **bajiales**.

Debido al levantamiento del nivel de la llanura de inundación como consecuencia del predominio del proceso de sedimentación, es probable que en la margen de la llanura de desborde la profundidad del río sea mayor y que la erosión lateral a ese nivel haya avanzado más que en superficie (ver forma de cauce en Figura 6.2). Esto explicaría porqué ocurren los desprendimientos de bloques de tierra (desplomes) o erosión en barrancos, frecuentemente observados en estas partes, principalmente en los días que siguen a los descensos más significativos del nivel de las aguas del río Botero (1978). Este fenómeno fue observado también por Rodríguez *et al.* (1987), en la misma área de estudio motivo del presente capítulo. Al respecto, Hoag (1985) precisa que los tributarios del Amazonas, en territorio peruano, originados al interior de la cuenca, aumentan su carga de sedimentos tan pronto como desciende el nivel de sus aguas, mientras que aquellos originados en los Andes, aumentan ésta durante la época de lluvias.

Los complejos de orillales del río Amazonas se caracterizan por varios tipos de geoformas. Al interior de los tramos curvilíneos (en la zona convexa de los meandros), según su posición con respecto a la corriente del río, se distinguen tres partes: una anterior o proximal, una media o central y una posterior o distal. La parte anterior o proximal se caracteriza por presentar un **dique** relativamente bien for-

mado compuesto mayormente de arena, seguido por un **explayamiento** importante (cima de dique), variable de unos cuantos metros a varios cientos de metros, con clara tendencia de incremento en limo con el incremento de la distancia desde la margen del río, particularmente en su parte final (en la parte posterior). En terminología regional la parte anterior de este explayamiento corresponde a restingas bajas, si es inundada periódicamente en las épocas de crecientes o **restingas medias**, si es inundada sólo esporádicamente en las crecientes fuertes y las partes central y posterior, frecuentemente, a **barriales**.

A continuación de la zona de explayamiento se constata una depresión extensa más o menos ondulada, denominada "cubeta de decantación", la cual es periódicamente inundada totalmente durante la época de creciente, pudiéndose distinguir en su interior diversas geoformas, según la terminología regional. Las áreas más elevadas corresponderían a las restingas bajas; las más depresionadas, a las cochas y las menos depresionadas, a los bajiales. Un nivel intermedio, entre las cochas y bajiales, podría corresponder a las denominadas **tahuampas**, geoformas frecuentemente ubicadas próximas a cochas, inundables en la época húmeda del año. Así mismo, con cierta frecuencia, se observan áreas no muy grandes de pendiente moderada, en las inmediaciones de cochas y bajiales, cuyas características se acercan a aquellas de los barriales.

La parte media o central del meandro, frecuentemente presenta un dique menos formado que aquel de la parte anterior o proximal, evidenciándose este hecho a través de su menor nivel y menor área de explayamiento; pudiendo no estar presente o estar un tanto retirado de la margen del río, observándose, en este caso, primero una playa no muy representativa. Más al interior, las otras partes son bastante similares que aquellas correspondientes a la parte anterior o proximal, pudiendo presentar menor altura las superficies consideradas como restingas. La parte posterior o distal diferiría de las otras partes básicamente por presentar un dique incipiente, más con características de playa que de dique propiamente dicho; pudiendo no estar presente, observándose, en estos casos, playas bastante extensas. Más al interior, la altura y la superficie de las áreas consideradas como restingas pueden ser menores que en las otras partes del meandro. Las cochas y los bajiales pueden ser dominantes, tanto por su número como por su extensión.

## SECUENCIA O PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE GEOFORMAS

No obstante, la gran variabilidad y complejidad de los procesos sedimentológicos desarrollados en las llanuras recientes de los ríos Amazonas e Itaya, es posible distinguir, particularmente en aquellas del primero, ciertas secuencias o patrones de distribución de geoformas al interior de las mismas (Figura 6.3). Así, entre otras, se han constatado las secuencias siguientes:

- (a) Dique → explayamiento de dique → depresión extensa → restinga media → restinga alta.



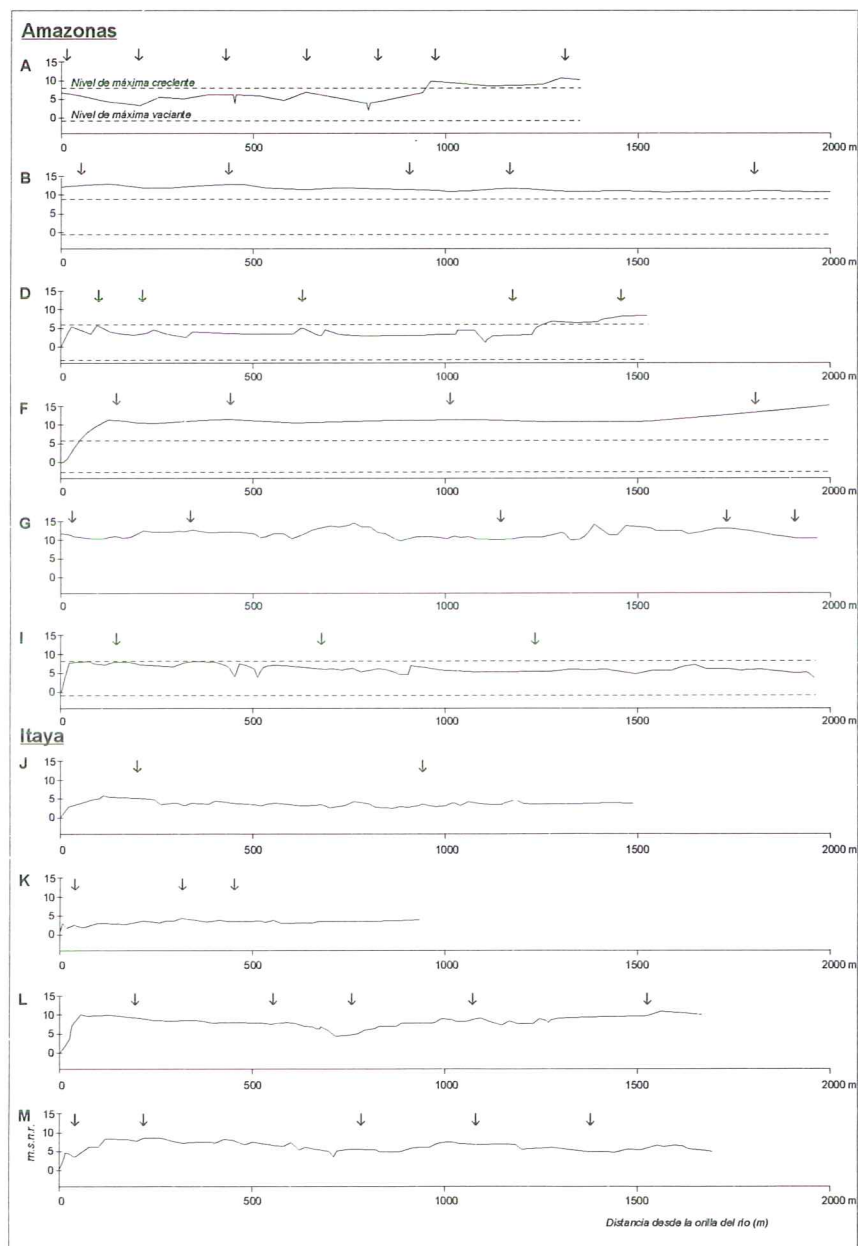


Figura 6.3. Perfiles longitudinales de transectos estudiados en los ríos Amazonas (A-I) e Itaya (J-M) con señalización de la ubicación de las calicatas (véase también Figura 6.1 y Tabla 6.1).

- (b) Playa → barrial → cocha → restinga baja → bajial → cocha → restinga baja → bajial → restinga media → restinga alta.
- (c) Dique → bajial → restinga baja → bajial → restinga baja → bajial → restinga media → restinga alta.

Las secuencias "a" y "b" son más frecuentes en las llanuras de inundación de los complejos de orillales recientes del Amazonas, mientras que la secuencia "c", más frecuente en las llanuras de desborde más elevadas del mismo río.

Este tipo de conocimientos son importantes en estudios tendientes a optimizar el uso de los diferentes tipos de suelos presentes en las distintas geoformas que constituyen parte de estas planicies. Así, por ejemplo, serían importantes en el diseño de prácticas de manejo de aguas, tendientes a regular la velocidad de las aguas de inundación, con el fin de modificar los procesos sedimentológicos naturales, según la necesidad del agricultor ribereño. La práctica de formación de barriales, actualmente utilizada por algunos agricultores, sin duda que podría ser mejorada.

A parte de la localización y nivel de las diferentes geoformas frecuentemente observadas al interior de la zona depresionada, la composición granulométrica y la condición de drenaje serían otras de las características diferenciales importantes de las mismas. En ambos tipos de llanuras, los bajiales son las geoformas que presentan la menor diferencia de nivel con respecto al nivel medio del río y las restingas medias, las mayores diferencias (5,8 m en complejo de orillales recientes y 7,1 m en llanuras de desborde). Los aguajales constituirían un caso especial; su diferencia de nivel sería mayor de ocho metros.

En relación con el tema, aunque parezca extraño se ha observado que la diferencia de nivel entre la máxima creciente y la máxima vaciante es mayor en el Itaya que en el Amazonas. Esta observación confirma las investigaciones de Hoag (1985) quien constató que dicha diferencia fue más grande en los tributarios del Amazonas, en territorio peruano, que en el propio Amazonas. Así, por ejemplo, se ha constatado que el nivel de inundación en las restingas bajas del Amazonas mayormente fluctúa entre 0,5-1,0 m, mientras que en el Itaya, en el mismo tipo de geoforma, éste, mayormente fluctúa entre 1 m y 2 m.

## CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE LOS SUELOS

### Caracterización física

En la Tabla 6.2 se presenta valores de textura, clase textural y apreciación genérica y práctica de suelo superficial de las diferentes geoformas identificadas en los ríos Amazonas e Itaya. Los valores de textura constituyen el promedio de diferente número de suelos estudiados según el tipo de geoforma identificada (ver la Tabla 6.3).

Las geoformas del complejo de orillales recientes en el Amazonas, que ocupan posiciones más bajas o más altas y más cercanas al cauce del río, tales como playas

y diques, tienen un predominio significativo de arena sobre las otras fracciones (limo y arcilla), particularmente las playas, que con frecuencia presentan más de 90 % de arena. En la zona de explayamiento o cima de dique, tales como restingas medias, restingas bajas y barriales, pueden presentar predominio de arena, limo o compartir la prioridad entre ambas fracciones, respectivamente. Las geoformas bajas y restingas bajas generalmente presentan predominio de limo sobre las otras fracciones. Este predominio es mucho más notorio cuanto más baja sea la posición de la geoforma al interior de la zona depresionada. A nivel de las llanuras de desborde, se constatan similares geoformas a las observadas en los complejos de orillales recientes, particularmente bajiales, restingas bajas y restingas medias, siendo estas sensiblemente más enriquecidas en limo y arcilla que aquellas existentes en los complejo de orillales antes mencionados.

En el Itaya, los bajiales del complejo de orillales sub-recientes, presentan mayores valores de arena y arcilla y menores valores de limo que los bajiales del Amazonas; en las restingas medias, no se constató diferencias claras con su similar del Amazonas. Las llanuras de desborde del Itaya, presentan la misma tendencia que las del Amazonas, aunque en forma menos evidente.

Tabla 6.2. Características físicas de la capa superficial (0-10 cm) de suelos de las diferentes geoformas estudiadas.

RÍO / UNIDAD FISIOGRÁFICA/GEOFORMA	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase textural	Textura ge- nérica	Tipo de suelo
<b>RIO AMAZONAS:</b>						
<b>Complejo de orillales recientes</b>						
Playa	94	4	2	ar.	Gruesa	Arenoso
Dique	81	15	5	ar. fr.	Gruesa	Arenoso
Barrial	47	47	6	fr. ar.	Mod. gruesa	Franco
Bajial	3	67	30	fr. arc.l.	Mod. fina	Arcilloso
Restinga baja	20	61	18	fr.l	Media	Franco
Restinga media	59	34	7	fr. ar	Mod. Gruesa	Franco
<b>Llanura de desborde</b>						
Restinga baja	22	62	17	fr. l	Media	Franco
Bajial	0	65	35	fr. arc. l.	Mod. fina	Arcilloso
Restinga media	7	56	37	fr. arc. l.	Mod. fina	Arcilloso
<b>RIO ITAYA:</b>						
<b>Complejo de orillales sub-recientes</b>						
Restinga media	13	60	27	fr. l.	Media	Franco
Bajial	23	36	41	arc.	Fina	Arcilloso
<b>Llanura de desborde</b>						
Restinga media	23	59	18	fr. l.	Media	Franco
Bajial	12	55	33	fr. arc. l.	Mod. fina	Arcilloso
Restinga baja	15	38	47	arc.	Fina	Arcilloso

ar=arena, l=limo, arc=arcilla, fr=franco



## CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

En la Tabla 6.3 se presenta las medias de las características químicas de la capa superior correspondientes a las diferentes geoformas identificadas en el estudio. Las geoformas con predominio de fracciones gruesas, formadas en base a los sedimentos recientes, presentan valores de pH más altos que las geoformas con predominio de fracciones finas y/o formadas a partir de sedimentos aluviales relativamente más antiguos. En el Amazonas, las playas y diques presentan reacción neutra, fluctuando éstos mayormente entre pH 6,0 y 7,0, mientras que las geoformas con predominio de fracciones finas, principalmente de limo, tales como bajiales y restingas bajas, presentan suelos ligeramente ácidos y ácidos (pH 5,6-5,2), siendo, esta relación, más evidente, en las llanuras de inundación que en las llanuras de desborde. En el Itaya las diferentes geoformas tienen suelos más ácidos pero menor rango de fluctuación que en el Amazonas; éstos se aproximan más a aquellos correspondientes a las llanuras de desborde del Amazonas.

Además se constata que las geoformas con predominio de fracciones gruesas, formadas a partir de sedimentos recientes, sin o con escasa vegetación natural, predominantemente herbácea, presentan contenidos más bajos de carbón orgánico, que las geoformas con predominio de fracciones medias y finas, formadas a partir de sedimentos aluviales relativamente más antiguos, presentando vegetación boscosa, con especies arbustivas y arbóreas. Igualmente, el contenido de fósforo disponible está fuertemente relacionado a la misma serie de geoformas. La fluctuación de este elemento mayormente se da en el rango de nivel bajo en las diferentes geoformas del Amazonas, excepto el contenido de fósforo disponible de las restingas bajas de llanuras de desborde, cuyo promedio (21,3 ppm de P) se sitúa en el intervalo del rango medio.

Los niveles de Ca, Mg y K de las diferentes geoformas, fueron evaluados a partir de su proporción relativa, respecto a la capacidad de intercambio catiónica efectiva (CICE) y sobre la base de las interrelaciones catiónicas. A partir de la apreciación global se constata que las playas, diques y en cierto modo barriales del Amazonas, presentan niveles más bajos de calcio y magnesio que las geoformas con predominio de partículas finas, particularmente con predominio de limo, tales como los bajiales y restingas bajas. En el Itaya esta tendencia es menos evidente. En el caso del potasio se da una situación contraria. Los niveles más altos presentes en playas, diques y barriales, se explican por la concentración importante de minerales primarios conteniendo este elemento, tales como las micas y los feldespatos. Esta explicación se sustenta, básicamente, en la constatación visual a nivel de campo, de parte de los autores del presente capítulo, y, en cierto modo, en las afirmaciones de San Valentín (1988) y Van Wambeke (1995). El primero sostiene que los feldespatos de potasio están presentes tanto en las fracciones más gruesas (arenas) como en las fracciones más finas (arcillas) de los suelos muy jóvenes, y, el segundo, que las arenas muy finas de suelos de llanuras de desborde, formados a partir de sedimentos aluviales recientes (en Tailandia), contienen de 10-20 % de este mineral.

Tabla 6.3. Caracterización química de las diferentes geoformas identificadas en los ríos Amazonas e Itaya (capa 0-10 cm).

RÍO	UNIDAD FISIAGRÁFICA	SUELOS ANALIZADOS	pH	C-org.	P-disp.	BASES CAMBIABLES								ACIDEZ CAMBIABLE		CICE	RELACIONES CATIONICAS			
						Ca		Mg		K		Suma	Saturación bases	H + Al	Saturación		Ca / Mg	Mg / K	Ca / K	Ca+Mg K
						cmol/l	% sat.	cmol/l	% sat.	cmol/l	% sat.									
						H <sub>2</sub> O	%	mg/l	cmol/l	% sat.	cmol/l	% sat.	cmol/l	%	cmol/l		%	cmol/l	%	cmol/l
RIO AMAZONAS:																				
Complejo de orillales recientes																				
Playa	2	7,0	0,09	2,3	4,0	78,4	0,7	13,7	0,4	7,8	5,1	100	0,0	0,0	5,1	5,7	1,8	10,0	11,8	
Dique	3	6,5	0,50	6,6	6,7	83,8	1,0	12,5	0,3	3,8	8,0	100	0,0	0,0	8,0	6,7	3,3	22,3	25,7	
Barrial	4	6,8	0,36	7,9	8,9	87,3	0,9	8,8	0,3	2,9	10,1	99	0,1	1,0	10,2	9,9	3,0	29,7	32,7	
Bajial	6	5,6	1,44	8,4	16,1	77,0	3,4	16,3	0,1	0,5	19,6	94	1,3	6,4	20,9	4,7	34,0	161,0	195,0	
Restinga baja	11	6,4	1,12	8,7	12,9	81,1	2,6	16,4	0,2	1,3	15,7	99	0,2	1,5	15,9	5,0	13,0	64,5	77,5	
Restinga media	2	6,0	1,52	7,7	15,1	79,5	2,6	13,7	0,2	1,1	17,9	94	1,1	5,5	19,0	5,8	13,0	75,5	88,5	
Llanura de desborde																				
Restinga baja	2	5,6	1,50	11,9	9,0	78,9	1,2	10,5	0,1	0,9	10,3	90	1,1	9,6	11,4	7,5	12,0	90,0	102,0	
Bajial	4	5,2	1,54	21,3	15,4	76,2	3,7	18,3	0,1	0,5	19,2	95	1,0	4,8	20,2	4,2	37,0	154,0	191,0	
Restinga media	2	5,2	1,15	4,2	14,2	77,6	2,6	14,2	0,1	0,5	16,9	92	1,4	7,8	18,3	5,5	26,0	142,0	168,0	
RIO ITAYA:																				
Complejo de orillales sub recientes																				
Bajial	6	4,8	1,83	9,0	10,0	54,1	2,1	11,4	0,1	0,5	12,2	66	6,3	33,9	18,5	4,8	21,0	100,0	121,0	
Restinga media	4	5,0	1,42	9,4	4,2	42,9	2,3	23,5	0,2	2,0	6,7	68	3,1	31,5	9,8	1,8	11,5	21,0	32,5	
Llanura de desborde																				
Bajial	1	4,9	1,86	1,6	5,5	67,1	0,8	9,8	0,1	1,2	6,4	78	1,8	21,4	8,2	6,9	8,0	55,0	63,0	
Restinga baja	3	5,1	1,87	7,8	14,8	79,6	2,2	11,8	0,2	1,1	17,2	92	1,4	7,7	18,6	6,7	11,0	74,0	85,0	
Restinga media	1	4,7	1,73	4,6	5,7	73,1	1,0	12,8	0,1	1,3	6,8	87	1,0	12,8	7,8	5,7	10,0	57,0	67,0	

A partir de la valoración participativa relativa de los cationes en el complejo de cambio y de las investigaciones efectuadas en este tema (Metson 1961, Boyer 1982, Kalliola *et al.* 1993, Linna 1993, Herrera 1995) se deduce que los niveles de calcio se sitúan por encima del óptimo en relación con los niveles de magnesio, lo cual podría inducir a deficiencias de magnesio y potasio en las plantas. En el Amazonas esta situación podría darse en todas las geoformas identificadas, pues la saturación de calcio en ellas fluctúa entre 76,3 % y 87,4 %, y la del magnesio entre 8,6 % y 18,3 %. En el Itaya, esta situación podría darse solamente en las geoformas identificadas en las llanuras de desborde. Según Giesekeing, citado por Metson (1961) un suelo productivo es aquel cuyo complejo de cambio está ocupado 60 % por calcio, 20 % por magnesio, 1 % por potasio, 0,4 % por sodio y no más de 20 % por cationes generadores de acidez.

Respecto a la relación Ca/Mg, Boyer (1982) sostiene que el límite superior de esta relación se sitúa en 4. Por otra parte, según el mismo fuente los primeros síntomas de deficiencia de Mg, ligados a la relación Ca/Mg, aparecen cuando el valor de esta relación sobrepasa de 5, generalizándose, éstos, cuando el valor de la misma es superior a 10. De acuerdo a este autor sería en los barriales donde se producirían los síntomas más serios de deficiencia de magnesio, pues es la geoforma que sobrepasa ampliamente el nivel crítico propuesto para esta relación. En los suelos aquí estudiados, esta relación varía entre 1,8-10,2 (Tabla 6.3).

Las relaciones Mg/K, Ca/K y Ca+Mg/K constituyen indicadores importantes para predecir deficiencias de K por efectos de antagonismos. En nuestro caso, los valores altos para estas relaciones nos estarían indicando posibles deficiencias de K inducidas por las concentraciones importantes de Ca y/o Mg (principalmente por efectos del primero). Concretamente las geoformas con predominio de arena, tales como las playas y diques serían las áreas menos susceptibles a deficiencias de K y a la inversa, las geoformas con predominio de partículas medias y finas (limo y arcilla), particularmente de partículas medias (limo), tales como las restingas bajas, bajas y restingas medias de las llanuras de desborde y, en cierto modo también, de las llanuras de inundación, serían las áreas más susceptibles a deficiencias de K. Boyer (1982) sostiene que el valor óptimo de la relación Mg/K estaría en las proximidades de 3 y que el antagonismo entre Ca y K frecuentemente es estudiado a través de la relación Ca+Mg/K, cuyo rango crítico se sitúa entre 15 y 40. En nuestro estudio, el valor de esta relación llega hasta 195 (Tabla 6.3).

## RELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

Las características físicas y químicas de la capa superficial (0-10 cm) de las diferentes geoformas identificadas correlacionadas, están consignadas en la Tabla 6.4. Esta variabilidad de la fertilidad de los suelos es conocida y utilizada por los agricultores ribereños, quienes la relacionan con el color, granulometría de partículas, espesor de capa superficial, nivel o posición del suelo, vegetación natural existente y, en cierto modo, distancia del río.

En las llanuras de inundación del Amazonas, las características pH, potasio cambiante y saturación de bases se correlacionan positivamente con la fracción are-



na, mientras que las características carbón orgánico, fósforo disponible, calcio y magnesio cambiables, suma de bases, acidez cambiable, CICE y saturación de aluminio, se correlacionan negativamente con la misma fracción. En ambos casos, todas las variables se correlacionan en forma inversa respecto a su correlación con la arena, cuando se las correlaciona con las fracciones limo y arcilla. La característica potasio cambiable generó el coeficiente de correlación más alto cuando fue correlacionada con la fracción arena. Situación similar sucedió con el fósforo disponible, el calcio y el magnesio cambiables, la suma de bases y CICE, cuando fueron correlacionadas con las fracciones limo y/o arcilla. La característica calcio cambiable se correlaciona mejor con el limo que con la arcilla, mientras que el magnesio cambiable tiene un comportamiento contrario. Sólo las características suma de bases y CICE aumentan su grado de correlación cuando son correlacionadas con la suma de los porcentajes de arcilla y limo, respecto al grado de correlación obtenido cuando ésta se efectúa en forma separada con cualquiera de las dos fracciones (arcilla o limo). Como era de esperar, las características suma de bases, acidez cambiable, CICE y saturación de aluminio se correlacionaron negativamente con el pH, mientras que la relación: saturación de bases con la misma variable, generó una correlación positiva.

**Tabla 6.4.** Coeficientes de correlación (R) de características físicas y químicas de geoformas identificadas en llanuras de inundación del río Amazonas (capa 0-10 cm).

Pares de variables	R	Pares de variables	R	Pares de variables	R
LLANURA DE INUNDACIÓN (COMPLEJO DE ORILLALES)					
pH	vs. arena	,68	pH	vs. limo	-,61
K-camb.	" "	,84	K-camb.	" "	-,81
Sat. Bases	" "	,60	Sat. bases	" "	-,56
C-org.	" "	-,68	C-org.	" "	,66
P-disp.	" "	-,80	P-disp.	" "	,85
Ca-camb.	" "	-,82	Ca-camb.	" "	,81
Mg-camb.	" "	-,82	Mg-camb.	" "	,76
Suma bases	" "	-,82	Suma bases	" "	,80
Ac.-camb.	" "	-,61	Ac.-camb.	" "	,56
CICE	" "	-,81	CICE	" "	,79
Sat. Al	" "	-,60	Sat. Al	" "	,56
Suma bases	" limo	,80	Suma bases	" arcilla	-,78
CICE	" "	,79	CICE	" "	,78
LLANURA DE DESBORDE					
P-disp.	" C-org.	,70	Suma bases	" pH	-,92
Ca-camb.	" "	,96	Acidez camb.	" "	-,94
Mg-camb.	" "	,95	CICE	" "	-,93
Suma bases	" "	,97	Sat. Al	" "	-,92
CICE	" "	,97	LLANURA DE DESBORDE		
K-camb.	" "	-,96	Sat. bases	" "	,92
Sat. bases	" "	-,86			

Las características fósforo disponible, calcio y magnesio cambiables, suma bases y CICE, se correlacionan positivamente con el carbón orgánico, mientras que el potasio cambiable y la saturación de bases se correlacionan negativamente con la misma variable. Las relaciones carbón orgánico - suma de bases y carbón orgánico -

CICE, dieron las correlaciones positivas más altas; mientras que la relación carbono orgánico - potasio cambiabile, dio la correlación negativa más alta.

En las llanuras de desborde del mismo río, el menor número de tipos de geoformas identificadas al interior de estas llanuras (representadas mayormente por restingas bajas y bajiales), se constituyó en limitante para la determinación del coeficiente de correlación de las características físicas y químicas de las mismas. En el caso del río Itaya, se enfrentó la misma limitación.

La correlación negativa entre la saturación de bases y limo o entre la saturación de bases y arcilla, constatada en las llanuras de inundación del Amazonas, tendría la interpretación siguiente: ambas fracciones (limo y arcilla) no serían las fuentes principales de bases cambiables de estos suelos, éstas provendrían básicamente de la fracción orgánica. En el caso del Itaya, la explicación a la correlación negativa para la primera relación (saturación de bases - limo), sería la misma que aquella expuesta para el Amazonas; mientras que la correlación positiva entre las características: saturación de bases y arcilla, se atribuiría a la naturaleza del material sedimentario de estos suelos.

En conclusión, tentativamente se puede decir que las características químicas, indicadoras de fertilidad de las diferentes geoformas identificadas en las llanuras aluviales del Amazonas, están asociadas principalmente al componente orgánico, seguido tanto por su importancia como fuente, como por su capacidad para suministrar nutrientes, por el limo, y, en última instancia, por la arcilla; mientras que en el caso del Itaya, estas características estarían asociadas a la fracción arcilla de los diversos sedimentos presentes en el área del bajo Itaya, la misma que es influenciada tanto por los sedimentos depositados por el río Amazonas como las otras formaciones geológicas descritas en el Capítulo 4. En general, estos resultados plantean interrogantes que necesariamente deben ser absueltas por investigación: volumen de sedimentos despositados; porcentaje, fraccionamiento y velocidad de descomposición de la materia orgánica transportada; porcentaje y mineralogía de arcillas; fraccionamiento de las diferentes formas de fósforo y potasio.

## SÍNTESIS DE LOS SUELOS ALUVIALES

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las características físico-morfológicas más generales de los perfiles de suelos de las diferentes geoformas identificadas en las áreas de estudio fue estructurada siguiendo muy de cerca las directivas presentadas en el Capítulo 5. A continuación se incluyen sumariamente algunas caracterizaciones.

En el complejo de orillales recientes del Amazonas, los **suelos de playa** no presentan desarrollo pedogenético; su estrato superficial es de espesor variable según las características de la última inundación; además son imperfectas a pobremente drenados, arenoso y sin estructura. Los **suelos de dique y de barrial** son de débil desarrollo pedogenético (horizonte AC en formación), con clara estratificación se-



dimentaria debido a la textura variada; estrato superficial de espesor variable según las características de la última inundación; frecuentemente franco arenosos; y granulación incipiente en superficie. Los suelos de dique son bien a moderadamente bien drenados mientras que los de barrial son moderadamente bien drenados, y, muy a menudo, con nódulos ferruginosos pequeños (1-2 mm de diámetro) en zona de fluctuación de la napa freática. Los **suelos de bajial** presentan débil a moderado desarrollo pedogenético (horizonte AC en formación); con estratificación sedimentaria no muy contrastante, compuesta mayormente de materiales finos; estrato superficial de espesor variable según las características de la última inundación; moderadamente bien drenado a imperfectamente drenado; pardo; motas comunes desde la superficie; nódulos ferruginosos pequeños en la zona de fluctuación de la napa freática.

En las llanuras de desborde del Amazonas, los **suelos de restinga baja y restinga media** presentan moderado desarrollo pedogenético (horizonte A en formación); con estratificación sedimentaria de textura variada; estrato superficial de espesor variable según las características de la última inundación; moderadamente bien drenados; pardo a pardo grisáceo; motas comunes en el sub-suelo; franco arenoso a franco limoso; nódulos ferruginosos pequeños (1-2 mm de diámetro) en zona de fluctuación de la napa freática. En zonas más elevadas (terrazza baja) el desarrollo pedogenético de los suelos es ligeramente más acentuado. Sin embargo, los **suelos de aguajal** son muy distintos, con escaso desarrollo pedogenético, formados a partir de restos vegetales de especies hidrófilas, descompuestas en un ambiente de saturación de agua permanente; con clara estratificación determinada por el tipo de material orgánico acumulado y grado de descomposición; variable en espesor entre 1 y 4 m según la distancia del río. Las condiciones de hidromorfia permanente propia de estos suelos se explica tanto por la depresión cerrada como por la naturaleza arcillosa fuertemente gleyzada del material subyacente. Las condiciones de saturación de estos suelos se producen por la acumulación del agua de lluvia, no por efectos de inundación o desborde de aguas fluviales.

En el Itaya, tanto en los complejos de orillales como en las llanuras de desborde, los bajiales tienen similitud con los del Amazonas, excepto en el desarrollo pedogenético que es moderado y el drenaje fluctúa entre bien e imperfectamente drenado. Las restingas medias en las llanuras de desborde son similares aquellas del Amazonas.

Es importante precisar, que los suelos aluviales del río Nanay son muy diferentes y de menor interés agronómico. Las aguas de este río transportan pocos sedimentos inorgánicos en suspensión y el color negro de sus aguas es debido, básicamente, a los ácidos orgánicos (húmicos y fúlvicos) resultantes de la descomposición del material vegetal. Las áreas intermedias y más elevadas, están formadas por material de textura variable entre franco arenoso y franco arcilloso, y por arena franca, y las áreas más deprimidas, por arcilla grisácea de apariencia compacta cuando húmeda, con alta saturación de aluminio cambiante (Dumont *et al.* 1992, Kalliola *et al.* 1993, Linna 1993). En estos suelos no se constató la presencia de nódulos como en los suelos del Amazonas e Itaya. Dos serían las explicaciones a este hecho: en el caso de las áreas arcillosas más deprimidas, la saturación de agua por un tiempo más prolongado podría ser la situación determinante de menores posi-



bilidades de fluctuación de la napa freática; o la escasez de fierro, tal como justifican Saldarriaga & Van der Hammen (1993) en el caso de los suelos más recientes del plano inundable del río Caquetá, en Colombia.

## CLASIFICACIÓN

La clasificación natural de los suelos de las diferentes geoformas fue realizada de acuerdo a los criterios de la Taxonomía de Suelos del USDA (Soil Survey Staff 1994) y la Leyenda FAO/Unesco (1997). De manera general, los suelos (según la Taxonomía de Suelos del USDA) clasificaron en los ordenes: Entisol, Inceptisol e Histosol; y según la Leyenda FAO/Unesco (1997), en Fluvisoles, Gleysoles/Cambisoles e Histosoles. Dentro de estos rangos, los suelos clasificados como Entisoles son los que poseen menor grado de evolución y los Inceptisoles, el mayor grado, presentando un grado intermedio los Histosoles, de acuerdo al primer Sistema y como Fluvisoles éutricos, Gleysoles éutricos o Gleysoles dístricos o Cambisoles éutricos o Cambisoles dístricos, e Histosoles fibricos, respectivamente, de acuerdo al segundo sistema. Los suelos del Amazonas se clasificaron mayormente en los Ordenes Entisol e Inceptisol y los del Itaya en el Orden Inceptisol. Los suelos orgánicos de los aguajales, de distribución muy localizada, formados en las planicies deprimidas no inundables del Amazonas, clasificaron en el orden Histosol.

La clasificación de suelos de las geoformas más frecuentes identificadas en el Amazonas, fue como sigue. **Suelos de playa, barrial y restinga baja:** Typic Tropofluent; **Suelos de bajial:** Typic Tropaquept; **Suelos de restinga media:** Typic Eutropept; **Suelos de bajial, restinga baja y restinga media en las llanuras de desborde:** Typic Tropaquept; **Suelos de aguajal:** Typic Tropofibrist. En el tramo estudiado por el río Itaya, la clasificación de suelos fue algo más simple. **Suelos de bajiales de llanuras de inundación y de llanuras de desborde, restingas medias de llanuras de inundación y restingas bajas de llanuras de desborde:** Typic Tropaquept; **Suelos de restinga media de llanuras de desborde:** Typic Dystropept.

Los resultados de la clasificación correspondientes a las formaciones aluviales recientes concuerdan con los resultados reportados por Hoag (1985). Este autor sostiene que con excepción de los suelos del río Mayo, que fueron clasificados como Mollisoles, los otros se ajustan sea al orden Entisol o al orden Inceptisol. Concuerdan igualmente con los resultados reportados por Recel (1988), quien, en suelos de Filipinas, encontró que la mayoría de Inceptisoles califican a los sub ordenes Aquept y Tropept.

## USO DE LAS GEOFORMAS

En la Tabla 6.5 se presenta, en forma resumida, aspectos generales sobre la vegetación natural, uso actual y uso potencial de las diferentes geoformas identificadas en los complejos de orillales recientes y sub-recientes y en las llanuras de desborde del río Amazonas, en el área de estudio. Este sumario tiene por objeto, dar a los lectores una visión global sobre el tema.

Según Hiraoka (1989a), el retiro de las palizadas depositadas durante la creciente, desde las superficies previamente cultivadas, constituye la actividad principal del agricultor ribereño. En cuanto comienza la época de vaciante, empiezan a aparecer, por etapas, las diferentes geoformas inundables. De manera general, el orden de aparición de estas geoformas sería el siguiente: restingas medias (en años de grandes crecientes), restingas bajas, barriales, bajiales y playas. Este es el momento de siembra por semilla de los principales cultivos. Este mismo autor, explica bastante bien las diferentes actividades de subsistencia del agricultor ribereño en las diferentes geoformas y diferentes épocas del año. Así, respecto a las labores culturales, menciona que en ciertos biotopos, la preparación del terreno comienza en circunstancias que se produce la arremetida de la creciente, poniendo como ejemplos el corte del gramalote tanto de los gramalotales como de las laderas anteriores y posteriores de las restingas.

**Tabla 6.5.** Vegetación y uso de las diferentes geoformas identificadas en el Amazonas.

GEOFORMA	Vegetación natural (especies característi- cas)	Uso actual (cultivos más frecuentes)	Uso potencial. Otros cultivos interesantes
<b>COMPLEJO DE ORILLALES:</b>			
<b>Playa</b>	no existe	chiclayo, maní, zapallo, sandía, melón, frejol	soya, yute, sésamo,...
<b>Barrial</b>	Formación vegetal reciente (ej. gramalote, caña brava)	arroz, caupí, frejol	por investigar
<b>Bajial</b>	Bosque aluvial (ej. ojé, amasisa)	arroz	por investigar
<b>Cocha</b>	Gramalotal	arroz (en cochas que se secan en vaciante)	por investigar
<b>Restinga baja</b>	Bosque aluvial bajo (caña brava, cetico)	plátano, maíz, yuca, papa- ya, caña de azúcar, hortalizas y verduras	por investigar
<b>Restinga media</b>	Bosque aluvial alto (cetico, capinurí, yarina)	plátano, yuca, maíz.	por investigar; frutales nativos
<b>LLANURA DE DESBORDE:</b>			
<b>Restinga baja</b>	Bosque aluvial bajo (cetico, tangarana)	plátano, yuca, maíz	por investigar
	Bosque ribereño	arroz (uso limitado por malas condiciones de drenaje)	por investigar; forestal
<b>Restinga media</b>	Bosque aluvial alto	plátano, yuca, maíz	por investigar; forestal
<b>Aguajal</b>	Aguajal	palmito	por investigar; productos de palmeras

En los gramalotales, el gramalote es cortado con machete, cuando el río está en plena creciente, con el fin de que sea retirado por ésta o sea enterrado por los sedimentos depositados. La sedimentación producida en el área que fue gramalotal es lo que se conoce como barrial. Estos ambientes son utilizados para el cultivo de arroz, caupí y frejol. Frecuentemente, las áreas menos limosas y mejor drenadas de

los barriales son utilizadas para el cultivo de yuca, plátano y maní; la elección del cultivo, está fuertemente determinada por las condiciones de humedad del barrial.

Las deposiciones posteriores sobre antiguos barriales generarían a las "sachas restingas" y éstas, a su turno, a las restingas bajas. La vegetación natural de las restingas bajas del Amazonas está dominada por caña brava (*Gynerium sagittatum*), con presencia menos importante de gramalote, pájaro bobo (*Tessaria integrifolia*), cetico bajo (*Cecropia latiloba*), amasisa (*Erythrina* sp.), ojé (*Ficus insipida*) y capirona (*Calycophyllum spruceanum*). Los suelos de las restingas bajas del Amazonas permanecen húmedos tanto por el predominio de limo como por la sombra que proporciona la vegetación natural y la hojarasca que se deposita sobre su superficie. Según experiencia de los propios agricultores estos suelos son apropiados para el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), maíz (*Zea mays*), yuca (*Mahinot esculenta*), arroz (*Oryza sativa*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), y representan un potencial para frutales nativos, hortalizas y verduras.

La vegetación natural de las restingas medias, es más diversificada que el de las restingas bajas; está constituida por un bosque arbóreo más alto que presenta una capa de hojarasca en la superficie. Las restingas medias son inundadas esporádicamente, sólo en las grandes crecientes. No obstante su nivel de fertilidad ligeramente inferior a las restingas bajas, sus mejores condiciones de drenaje le permiten un rango mayor de cultivos. El maíz solo o asociado con plátano, yuca, papaya (*Carica papaya*), caña de azúcar, hortalizas o verduras, es la forma de uso, más frecuentemente observado, en los suelos de estas geoformas. El ciclo de uso de la tierra en la restinga alta (geoforma no inundable), es similar a la agricultura de roza-tumba-quema, practicada en las áreas de tierra firme.

Las islas del río Amazonas se componen de zonas de diferentes edades, tamaños y ubicación, los que se reflejan en la disposición de la vegetación: a mayor antigüedad del terreno más antigua es su vegetación (Jokinen *et al.* 1996). Se distinguen claramente diferentes tipos de vegetación, entre otros: cetical, cañabraval, gramalotal y diferentes tipos de bosque maduro. Los ceticales son utilizados para el cultivo de legumbres, cereales y verduras; los cañabravales, para el cultivo de chichlayo (*Vigna unguiculata*) y frejol (*Phaseolus vulgaris*); los gramalotales, para el cultivo de arroz; y las playas, para el cultivo de chichlayo en las partes más arenosas, y el maní (*Arachis hypogaea*) en las partes más ricas en limo (Hiraoka 1989a). El arroz, maní y frejol se cultivan generalmente como monocultivos, en cambio, las legumbres y algunos cereales se siembran asociados. Un ejemplo de este último caso constituiría la asociación maíz-frejol, donde el primero sirve de tutor al segundo.

El agricultor ribereño, consciente del riesgo que representan las crecientes, siempre está preocupado en como disminuir este riesgo. Esto se traduce en el empleo de variedades precoces y/o tolerantes a condiciones de saturación. Sin embargo, en opinión de los autores de este capítulo, el mejor entendimiento de la dinámica fluvial, posibilitará la identificación de sistemas de manejo forestal o agroforestal con capacidad de incrementar significativamente la producción de productos de valor en estos ambientes. Por ejemplo, mediante el desarrollo de sistemas de manejo forestal utilizando especies valiosas que imiten la sucesión ribereña natural, se puede lograr una producción sostenible de madera en áreas muy cercanas a la ciudad de Iquitos. Debido a la fertilidad relativamente alta de estas tierras, y a la capa-



ciudad adaptativa de la vegetación ribereña, a los procesos frecuentes de inundaciones y migraciones de los ríos, existe un buen argumento para pronosticar que las áreas inundables, en especial las del río Amazonas, puedan ser desarrolladas como zonas de alta producción. Sin embargo, los planes deben sustentarse sobre una base científica sólida, razón por la que hemos reiterado "por investigar" en la última columna de la Tabla 6.5.

## CONCLUSIONES

Las llanuras recientes del Amazonas e Itaya, en su tramo bajo, se forman como consecuencia de su propia dinámica, generada por procesos de erosión y de deposición, resultantes de las fluctuaciones en el volumen y velocidad del agua, así como de las fluctuaciones en la cantidad y naturaleza de los sedimentos que arrastran. Debido al nivel bajo de las llanuras de inundación de los complejos de orillales, el agua corre con mucha fuerza, es turbulenta y ocurre tanto la sedimentación como la erosión, dando como resultado superficies complejas en relieve y en composición granulométrica. Contrariamente, en la llanura de desborde, el agua fluye suavemente sobre la superficie prácticamente en forma laminar, produciendo una sedimentación más uniforme, siendo esta la razón del porqué estas llanuras son más planas y más uniformes en composición granulométrica.

Las características químicas de las diversas geoformas identificadas están fuertemente relacionadas a la granulometría y edad de los sedimentos. Las geoformas con predominio de fracciones gruesas por el río Amazonas, formada en base de sedimentos recientes, tienen pH más alto y mayores concentraciones de potasio cambiante que las geoformas con predominio de fracciones medias y finas y/o formadas a partir de sedimentos aluviales relativamente más antiguos, tales como bajiales y restingas bajas. También la vegetación natural de las geoformas está fuertemente relacionada al desarrollo de suelos.

Contrariamente a la suposición generalmente aceptada respecto a la vinculación de limo como fuente de fertilidad en los suelos aluviales, bajos en materia orgánica, la contribución de ésta como suministradora de nutrientes para las plantas sería más importante que aquella de la arcilla o de la arcilla más limo. En conclusión de lo anterior, la materia orgánica debería ser incluida como una propiedad clave en futuros estudios de evaluación de estos suelos. Al igual que en el caso de suelos de tierra firme, se recomienda a las instituciones locales correspondientes consideren dentro de sus programas de investigación la caracterización de las diferentes fracciones orgánicas presentes en estos suelos, incluyendo aspectos básicos y prácticos relacionados con la mineralización de cada una de ellas.

En suelos aluviales recientes, caracterizados por su escaso desarrollo pedogenético, tienen especial importancia las características y propiedades físicas y químicas de la capa superior y aquellas de la parte superior del sub suelo. Los suelos de las superficies más antiguas presentan un desarrollo pedogenético moderado, con excepción de los suelos de aguajal, que son orgánicos y mal drenados.

Los suelos de las diferentes geoformas identificadas en las llanuras de inundación y de desborde del Amazonas e Itaya, se clasifican en los ordenes Entisol, Inceptisol e Histosol, según la Taxonomía de Suelos del USDA (Soil Survey Staff 1994); y en Fluvisoles, Gleysoles/Cambisoles e Histosoles, según la Leyenda FAO/Unesco (1997).

El conocimiento de las secuencias o patrones de distribución de geoformas al interior de las áreas inundables es importante en estudios tendientes a optimizar el uso de los diferentes tipos de suelos, presentes en las mismas. Las playas son las geoformas menos tiempo utilizadas, generalmente, no más de cinco meses, mientras restingas bajas y restingas medias inundan sólo unos meses del año. Consideramos que el potencial agroforestal de cada geoforma aluvial presenta opciones positivas pero infelizmente poco entendidos; éstas deberían ser establecidas a partir de investigaciones integradas. De manera general, en el ámbito de la Amazonía peruana, los suelos de las planicies aluviales recientes presentan mayor potencial de fertilidad natural que los suelos de tierra firme.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a la Fundación para el Desarrollo del Agro (FUNDEAGRO) por haber financiado la realización de la presente investigación, y también, a los agricultores ribereños de la zona Iquitos-Nauta, por habernos permitido ingresar a sus parcelas para efectuar las investigaciones de campo, por brindarnos su invaluable experiencia, y, principalmente, por su gentileza y amabilidad.





# CAPÍTULO 7

## VEGETACIÓN NATURAL DE LA ZONA DE IQUITOS

Kalle Ruokolainen y Hanna Tuomisto

---

### RESUMEN

Se estudió la composición florística del bosque en base a tres grupos de plantas: (1) árboles ( $\geq 2,5$  cm DAP), (2) Melastomataceas (una familia mayormente de arbustos), y (3) pteridófitas (helechos y plantas afines). Los árboles fueron inventariados en 11 sitios diferentes, dentro de los cuales se reconocieron un total de 15 sectores de muestreo basándose en características del terreno y de los suelos. En cada sector, se levantaron 2-4 parcelas ( $20 \times 20$  m ó  $25 \times 25$  m). Melastomataceas y pteridófitas fueron inventariadas en los mismos 15 sectores que los árboles, y en 17 sectores adicionales en sitios diferentes. Las Melastomataceas y pteridófitas se muestrearon en las mismas parcelas donde se hizo el inventario de árboles, y además se muestrearon a lo largo de transectos ( $2 \times 500$  m,  $5 \times 500$  m ó  $5 \times 1300$  m por sitio). En el inventario se encontraron un total de 1416 especies de árboles, 134 especies de Melastomataceas y 152 especies de pteridófitas. Se recolectaron muestras de suelo para analizar sus características físicas y químicas. También se utilizó una imagen de satélite Landsat TM para obtener información sobre la reflectancia de luz en cada uno de los sectores de estudio. Este solo se pudo hacer en 23 de los 32 sectores porque los demás estaban cubiertos por nubes o presentaban características obvias de intervención humana que alteraba las reflectancias. Las semejanzas florísticas entre los sectores de estudio se calcularon como porcentaje de especies compartidas entre dos sectores. Eso se hizo separadamente con árboles, Melastomataceas y pteridófitas. Con las características de suelo y de imagen de satélite, las diferencias se calcularon mediante la aplicación de las distancias euclidianas.

Los resultados de los análisis indican que los tres grupos de plantas presentan patrones muy parecidos de similitud entre los sectores de muestreo. Los patrones florísticos también están correlacionados con los patrones obtenidos con características de los suelos, especialmente con la textura y los cationes Ca, K y Mg. La información de las reflectancias de luz también produce un patrón de semejanzas y diferencias entre los sectores que es parecido a los patrones florísticos y edáficos. Estos resultados sugieren que es posible utilizar las Melastomataceas y pteridófitas como indicadores de patrones florísticos generales en los bosques amazónicos, y también para indicar aproximadamente algunas características del suelo. Además, parece posible identificar diferentes tipos del bosque en base a la información registrada en las imágenes de satélite.

*En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114: 253-365.*

## INTRODUCCIÓN

El clima en la zona de Iquitos es siempre húmedo sin mucha variación de temperatura o precipitación entre los diferentes meses del año (véase Capítulo 3). En términos generales se describe (Holdridge 1967, Walter & Breckle 1984) que este tipo de clima soporta una vegetación exuberante de bosque alto, cuyo dosel llega hasta la altura de aproximadamente 30-40 m o más, y a intervalos existen además unos árboles gigantesos tanto en diámetro como en altura. Los árboles están cargados con epífitas y lianas, y todo el verdor está compuesto por una cantidad muy alta de diferentes especies de plantas. Esta es la percepción estereotípica de los bosques húmedos tropicales de elevaciones bajas.

Evidentemente esta visión general tiene cierta razón en consideraciones de gran escala, pero es igualmente claro que en una escala más detallada se puede diferenciar una gran variación tanto en la estructura como en la composición florística de la vegetación. En Amazonía, una de las divisiones más drásticas del ambiente está constituida por la inundación de los ríos, y la distinción entre tierra firme y áreas inundadas se ha incluido ya en las primeras descripciones escritas de la Amazonía.

Las áreas inundadas están fuera del enfoque de este artículo, y para aquellos quienes quieren introducirse a la vegetación inundable en la Amazonía o en la Selva peruana hay varias otras obras de referencia (por ejemplo: Prance 1979, Encarnación 1985, Kubitzki 1989, Klinge *et al.* 1990, Parodi & Freitas 1990, Kalliola *et al.* 1991, Kvist *et al.* 1995).

En áreas no inundables (tierra firme) en la Amazonía, la vegetación varía principalmente según las condiciones climáticas y edáficas (Pires & Prance 1985, Prance 1989, Duivenvoorden & Lips 1993, ter Steege *et al.* 1993, Ruokolainen *et al.* 1997). En la zona de Iquitos la variación geográfica en el clima es, al menos hasta donde se conoce, muy exigua y por eso las características del suelo tienen la mayor importancia en determinar la vegetación. La distinción más clara en la tierra firme se hace entre vegetación sobre arena blanca y vegetación sobre suelos limoso-arcillosos.

En la zona de Iquitos se han podido distinguir tres tipos diferentes de vegetación en arena blanca: varillal seco, varillal húmedo y chamizal. El varillal seco contiene un bosque más alto y con más especies que el varillal húmedo, el cual se caracteriza por una capa gruesa (hasta 50 cm) de raíces y material orgánico (Ruokolainen & Tuomisto 1993, Tuomisto & Ruokolainen 1994). En el chamizal el dosel de la vegetación se encuentra a tres metros o menos y el aspecto es de matorral (Encarnación 1985). En casos extremos, la altura de la vegetación no sobrepasa un metro y crecen líquenes en el suelo (Ruokolainen & Tuomisto 1993). Los nombres varillal y chamizal son los nombres que los campesinos locales utilizan para los tipos de vegetación en arena blanca, aunque posiblemente en sentidos un poco diferentes. Por lo menos la gente que vive a lo largo de la carretera Iquitos-Nauta aplica el nombre chamizal a bosque de varillal húmedo con una capa muy gruesa y floja de raíces (S. Flores Paitán, comunicación personal).



Es probable, aunque falta todavía la verificación, que los tres tipos de vegetación en arena blanca están determinados por la variación en el drenaje controlado por una capa impermeable del suelo (que puede estar conformada por arcilla dura o es el horizonte espódico con alta concentración de hierro o manganeso, véase Capítulo 5). En varillal seco aparentemente no existe una capa impermeable, o si existe se sitúa a una profundidad que permite un buen drenaje, todo el tiempo, para las raíces de las plantas.

En el varillal húmedo la capa impermeable está tan cerca de la superficie que después de mucha lluvia el suelo queda saturado por agua. También en el chamizal las lluvias producen saturación de agua en el suelo, o hasta inundación. Por otra parte, después de algunos días de sequía el suelo puede secarse completamente porque hay muy poca tierra sobre la capa impermeable, y por eso una baja capacidad de retención del agua. Aparentemente los cambios drásticos entre inundación y sequía completa hacen que las condiciones del chamizal sean imposibles para el crecimiento de árboles, y solo plantas de menor tamaño pueden soportarlas.

Encarnación (1985) ha identificado seis tipos diferentes de vegetación de tierra firme en suelos que no son de arena blanca. El tipo más especial es sin duda supai-chakra que está formado casi solo por dos especies arbóreas mirmecófilas, *Duroia hirsuta* y *Cordia nodosa*. En partes mal drenadas se encuentran los aguajales de altura, los cuales son caracterizados por la abundancia de dos palmeras grandes, *Mauritia flexuosa* (aguaje) y *Oenocarpus bataua* (ungurahui). Yarinal de altura se llaman a las manchas de bosque que tienen drenaje lento y presencia de *Phytelephas macrocarpa* (yarina).

Los terrenos bien drenados presentan, según Encarnación (1985), tres tipos de vegetación: bosque de terraza, bosque de colina y bosque de quebrada. Esta división es principalmente topográfica, como los nombres mismos lo revelan, y falta documentar posibles diferencias en la estructura y composición florística.

Además de dichos seis tipos de vegetación, existen en valles mal drenados, dentro de áreas relativamente pequeñas, pantanos casi abiertos sin árboles pero con hierbas grandes de las familias Araceae y Zingiberaceae (Ruokolainen & Tuomisto 1993).

Los bosques de colina y bosques de terraza cubren juntos más del 90% de la superficie de tierra firme en la zona de Iquitos, y por eso se podría pensar que la vegetación sea relativamente homogénea en grandes extensiones. Sin embargo, hay que reconocer que la idea de homogeneidad en realidad nace de la falta de documentación y conocimiento exacto. Simplemente no han existido observaciones que hubiesen podido ni confirmar ni efectivamente rechazar el concepto de homogeneidad. Solo muy recientemente se ha podido documentar (Gentry & Ortiz 1993, Ruokolainen *et al.* 1997) que según la fertilidad de los suelos se pueden dividir las áreas de bosque de colina y de terraza en por lo menos dos unidades que tienen composición distinta de especies.

La falta de información sobre la variación de la vegetación es un obstáculo para la conservación y el uso sostenible de este ambiente. Como existe una presión creciente ejercida por la colonización y utilización de madera, caza, frutos, fibras y hasta genes presentados por la flora y fauna de la región, se necesita urgentemente



la información correspondiente. Evidentemente, uno de los factores que ha obstaculizado la acumulación de datos de campo es la riqueza excepcional de especies. Es posible encontrar hasta 300 especies de árboles en una hectárea (Gentry 1988), la flora de algunas reservas en la zona de Iquitos reconoce casi 3000 especies (Vásquez 1997) y seguramente existen todavía varias especies sin coleccionar y/o sin nombres científicos. La diversidad de la flora hace que los trabajos de colecta e identificación de las muestras botánicas requieran bastante tiempo y recursos.

En este trabajo hemos tratado de evitar tales problemas de manera tal que se ha concentrado los estudios en dos grupos de plantas (pteridófitas y Melastomataceas) para que se pueda investigar más sitios en el campo. La representatividad de los resultados en relación con la composición florística de árboles se verificaron en un número más restringido de sitios (Ruokolainen *et al.* 1997). Una discusión más profunda sobre la idea de utilizar plantas indicadoras de tipos de bosque se presenta en el Capítulo 13.

Otra manera de cubrir un área mayor y extrapolar los resultados del trabajo del campo es la utilización de imágenes de satélite Landsat TM. Las imágenes de satélite consisten de una red de células o pixels, de 30 m x 30 m, que cubren toda la tierra. Para cada pixel el satélite registra la intensidad de reflectancia de luz solar en siete bandas, cada una posee una longitud de onda específica desde el azul hasta el infrarrojo. La intensidad de la luz reflejada varía según las características físico-químicas del terreno, tales como la estructura del dosel de la vegetación, la actividad fotosintética, el color y estructura de las hojas, la humedad del suelo y otros factores. Se puede pensar que cada pixel presenta un resumen medioambiental y la tarea del investigador es hallar la significación y la explicación biológica de dichos resúmenes.

La zona de Iquitos es especialmente interesante para tales estudios, porque presenta una variación amplia en condiciones edáficas, y varios tipos de bosque natural ocurren en la zona. La caracterización y el mapeo de estos ecosistemas diferentes también es muy urgente: hay mucha presión para extender el área cultivada, lo que solamente se puede hacer de una manera rentable y sostenible si la planificación del uso de la tierra está basada en el conocimiento de las condiciones ecológicas de la zona. Al mismo tiempo, la conservación de los recursos naturales depende del conocimiento adecuado de la ubicación y características de los bosques diferentes.

## MÉTODOS DEL TRABAJO DE CAMPO

### PARCELAS DE COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE ÁRBOLES

En la selección de los lugares para el trabajo del campo, se trató de muestrear áreas que presentan características diferentes en las imágenes de satélite, para averiguar si en la realidad también son distintas. También se trató de cubrir el área de estudio tan completamente como fuese posible, pero obviamente había que restringir el

muestreo a aquellas áreas que fueran accesibles a través de los ríos o por la carretera.

Se establecieron parcelas en 11 sitios diferentes (Figura 7.1), en tres de los cuales existen tipos diferentes de terreno que fueron muestreados separadamente como sectores independientes de muestreo. Con algunas excepciones, en cada sitio se establecieron cuatro parcelas de 20 m x 20 m cada una. Las parcelas se establecieron a lo largo de un transecto de 500 ó 1300 m de largo (ver abajo) de tal manera que dos de las parcelas se localizaron en las laderas de colinas y dos en las quebradas de valles. De esta forma, se trató de cubrir la variación topográfica en cada sitio para conseguir una idea más completa de la composición de especies a una escala regional. En las áreas de arena blanca tal distribución topográfica de las parcelas no fue posible porque la arena blanca solamente se encuentra en las colinas. Además, en algunos sitios en terrazas fluviales recientes (Mishana 1 y Momón 1), el terreno era casi completamente plano y consecuentemente las parcelas en esos lugares tuvieron que representar la misma posición topográfica. Al elegir los lugares exactos de las parcelas, se trató de evitar claros recientes.

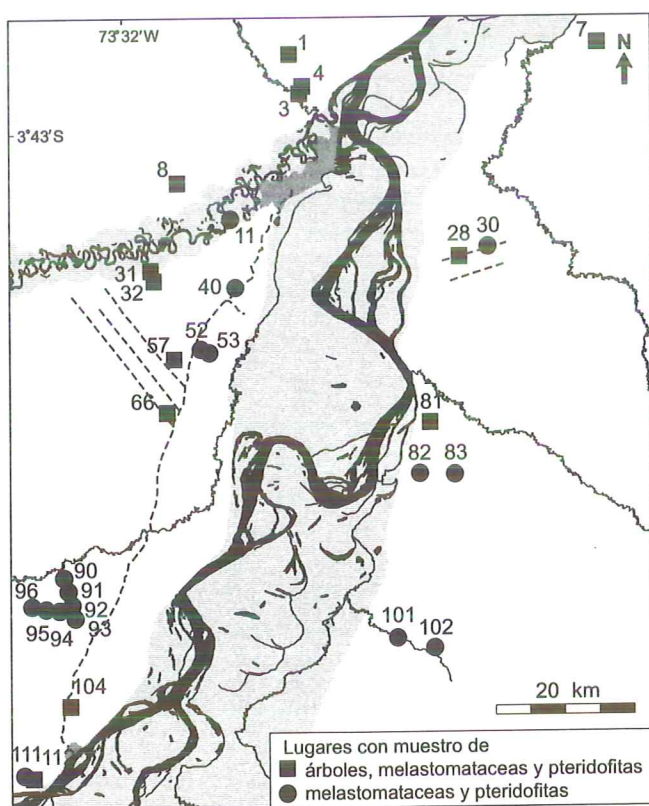


Figura 7.1. Mapa de la ubicación de los lugares estudiados.

En dos sitios (Mishana y Momón) se establecieron parcelas de tamaño 25 m x 25 m. Las parcelas en Momón se dividieron entre dos tipos de terreno: colinas y planicies, cada uno de los cuales fue muestreado con dos parcelas. En Mishana, se establecieron cuatro parcelas en terraza y cinco en arena blanca o bosque de varillal (Encarnación 1985). Para los otros inventarios, el tamaño de las parcelas fue reducido a 20 m x 20 m para poder muestrear un mayor número de sitios. En 13 de Febrero, el terreno consistió tanto de suelo arcilloso como de suelo arenoso, y cada tipo de suelo fue muestreado con dos parcelas. En los demás sitios, se establecieron cuatro parcelas. Así, tomando en cuenta las divisiones internas de algunos lugares de muestreo, se obtuvieron inicialmente 14 unidades de terreno (11 sitios de muestreo, de los cuales Momón, Mishana y 13 de Febrero incluyeron dos unidades de terreno cada uno).

Posteriormente, en base de las diferencias y semejanzas florísticas entre las parcelas (véase la parte de Resultados abajo), se consideró necesario interpretar las parcelas de Mishana como representando tres unidades de terreno y no solo dos. Eso se debió a que una parcela de la terraza y una de varillal fueron florísticamente relativamente semejantes entre sí, pero distintas de las otras parcelas. Además, estas dos parcelas compartían algunas características ambientales especiales que originalmente no se habían tomado en cuenta. La parcela de terraza estaba situada al pie de la primera colina con arena blanca, tenía drenaje malo y presentaba en la superficie una capa de arena lavada de arriba. La parcela en la colina de arena blanca tuvo también drenaje impedido, lo que contrastaba con la situación en las otras parcelas de varillal, donde el drenaje era bueno. Por estas razones se unieron las cuatro parcelas caracterizadas con suelo arenoso y drenaje bueno (varillal seco) bajo el nombre Mishana 2, y las dos parcelas caracterizadas con suelo arenoso y drenaje malo (varillal húmedo) bajo el nombre Mishana 3. El resultado de eso fue que finalmente se reconocieron 15 unidades de terreno o sectores donde se hicieron inventario de árboles, y el muestreo en cada sector consistió de dos a cuatro parcelas de tamaño de 25 x 25 m o de 20 x 20 m. La Tabla 7.1 indica la superficie inventariada en cada uno de los sectores.

Dentro de las parcelas, se registraron todos los árboles con troncos más gruesos o iguales de 7,9 cm de circunferencia a la altura del pecho (corresponde a diámetro en la altura del pecho o DAP mayor o igual a 2,5 cm). Se midió la circunferencia del tronco y la altura del árbol, y se recolectó una muestra botánica de cada árbol para la identificación de la especie. Las muestras se obtuvieron usando una tijera telescópica, y en caso de árboles altos se subió hacia la copa del árbol con subidores para llegar a las ramas. Especies fáciles de identificar solo fueron colectadas una vez dentro de cada parcela, pero si había la menor duda sobre la identidad de un árbol se tomó una muestra de éste para su identificación posterior. En todas las parcelas también se muestrearon las pteridófitas y Melastomatáceas de una manera similar que en los transectos (ver abajo).



**Tabla 7.1.** Los tipos de datos obtenidos en cada uno de los sectores de muestreo. Los códigos de las muestras de suelo están indicados en paréntesis; en el Apéndice 7.4 se presentan los resultados de los análisis de laboratorio para cada una de las muestras. El número de pixels indica cuantos pixels fueron muestreadas para el análisis numérico de la imagen de satélite.

SECTOR	Área inventariada de árboles (ha)	Área inventariada de Melastomataceas y pteridófitas (ha)	Cantidad (y número) de muestras del suelo	Cantidad de pixels
Palo Seco 1	-	0,25	3 (su 139-141)	-
Tarapoto	0,16	0,77	18 (su 163-180)	-
7 de Julio	-	0,25	3 (su 197-199)	369
Gengen	0,16	0,84	14 (su 22-35)	996
Libertad Agraria km8	-	0,25	3 (su 157-159)	369
Ex Petroleros	0,16	0,77	21 (su 90-110)	-
San Antonio 1	0,16	0,78	21 (su 113-133)	1000
Carbajal km0	-	0,1	2 (su 181-182)	371
Carbajal km2	-	0,1	2 (su 183-184)	371
Palo Seco 2	-	0,25	1 (su 142)	-
Momón 2	0,125	0,125	2 (su 4-5)	-
13 de Febrero arcilla	0,08	0,17	4 (su 82-83, 88-89)	270
Santa Ana	0,16	0,77	14 (su 143-156)	1000
Carbajal km4	-	0,1	2 (su 185-186)	371
Carbajal km8	-	0,1	2 (su 188-189)	371
Carbajal km10	-	0,1	2 (su 190-191)	367
Carbajal km12	-	0,1	2 (su 192-193)	367
San Antonio 2	-	0,25	5 (su 134-138)	369
Nauta	0,16	0,78	18 (su 36-53)	998
Mishana 1	0,1875	0,4375	3 (su 6-8)	794
Momón 1	0,125	0,125	3 (su 1-3)	-
Manití	0,16	0,78	12 (su 54-65)	1000
Panguana 1	0,16	0,38	10 (su 66-75)	-
Panguana 2	-	0,25	3 (su 76-78)	300
Libertad Agraria km3	-	0,25	3 (su 160-162)	328
San Pedro	-	0,25	3 (su 194-196)	300
13 de Febrero arena	0,08	0,16	4 (su 84-87)	270
San Gerardo	-	0,25	2 (su 111-112)	-
Carbajal km6	-	0,1	1 (su 187)	371
Pto Almendras	-	0,25	3 (su 79-81)	-
Mishana 3	0,125	0,125	3 (su 9, 10, 20)	-
Mishana 2	0,25	0,25	7 (su 13-19)	328
<b>TOTAL</b>	<b>2,252</b>	<b>10,462</b>	<b>196</b>	<b>11 280</b>

## **TRANSECTOS DE COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE PTERIDÓFITAS Y MELASTOMATÁCEAS**

En cada uno de los sitios donde se establecieron parcelas para muestrear árboles, con la excepción de Momón, también se estableció un transecto para muestrear pteridófitas y Melastomataceas con un mayor detalle. Los transectos fueron de 5 metros de ancho y 500 o 1300 metros de largo, dependiendo del nivel de detalle en que se deseaba observar la variación dentro del sitio. Además, se establecieron nueve transectos de 5 m por 500 m para hacer averiguaciones rápidas de la composición florística del bosque en sitios donde no se muestrearon árboles. También se hizo un transecto largo de 2 m por 23 km (Carbajal), del cual se utilizaron aquí siete secciones de 500 m, una por cada muestreo de suelo que se hizo en los kilómetros 0, 2, 4, 6, 8, 10 y 12.

En algunos transectos se contaron todos los individuos de las pteridófitas y Melastomataceas y se estimaron sus tamaños, pero en la mayoría sólo se registró la presencia de especies sin información de su abundancia. Para la confirmación posterior de las identificaciones, se colectó en cada sitio por lo menos una muestra botánica de cada especie, y además se colectaron muestras de todos los individuos que no se podían identificar con seguridad en el campo.

Cada transecto tenía su inicio en bosque primario, y el rumbo fue elegido con la ayuda de imágenes de satélite y habitantes de la comunidad más cercana. De esta forma el transecto comprendió bosque primario y no fue interceptado por purmas o chacras. Una vez establecido el rumbo, los transectos avanzaron en línea recta, cruzando tanto bosque alto y maduro como claros recientes, y se impidió los desvíos en las cimas de colinas ó partes fangosas de los valles. De esta manera, sólo los primeros pocos metros de cada transecto se eligieron subjetivamente, y uno puede confiar en que los transectos muestrearon de forma aleatoria y representativa la variación local en la topografía, condiciones edáficas y estados sucesionales del bosque.

Las posiciones geográficas de algunos sitios de muestreo se estimaron midiendo la dirección con brújula y la distancia contando los pasos desde las chacras, purmas, carreteras, vueltas de ríos u otros puntos identificables en la imagen de satélite. En la mayoría de los sitios de muestreo, sin embargo, se midieron las coordenadas geográficas directamente con un GPS portátil (Sistema de Posición Geográfica, modelo Apelco 15). El GPS funciona de tal manera que busca contacto con satélites, y cuando recibe información de por lo menos tres satélites al mismo tiempo, puede determinar su posición (latitud y longitud). En las coordenadas obtenidas puede haber un error hasta de 100-150 m, y por eso es preferible medir las coordenadas en varios puntos para obtener un promedio más confiable. Pero en un bosque alto el dosel impide la comunicación con los satélites, y es relativamente difícil conseguir las coordenadas, excepto en claros relativamente grandes y recientes. Por esta razón, sólo se pudo obtener coordenadas en uno o pocos puntos dentro de cada lugar de muestreo, y hay que aceptar que las coordenadas conseguidas no son exactas.

En el caso de los 17 sitios donde no se muestrearon árboles, el sector de muestreo de las pteridófitas y Melastomatáceas es igual que el transecto establecido en el sitio. Pero en el caso de los 15 sectores donde sí se muestrearon árboles, el sector de muestreo para las pteridófitas y Melastomatáceas incluye tanto las parcelas como el transecto, las que se levantaron dentro de la misma unidad de terreno. En Mishana y 13 de Febrero, donde el transecto cruzó al límite entre tipos diferentes de suelo, el transecto fue dividido en dos partes, y los datos de cada parte se combinaron con los datos de las parcelas que correspondieron al mismo tipo de suelo.

## **MUESTRAS DE SUELO**

En cada sector de muestreo se recolectaron muestras superficiales del suelo. Antes de tomar la muestra se extrajo la hojarasca, raíces y todo el material orgánico existente sobre el suelo mineral. La profundidad de la muestra se midió después de haber quitado este material. Se colectó de 1 a 21 muestras del suelo por sector, normalmente en diversas posiciones topográficas, y se analizó el pH, pérdida por ignición, el contenido de Al, Ca, K, Mg y P, y los porcentajes de diferentes clases granulométricas de cada muestra. Además se hicieron algunas perforaciones más profundas (hasta más que 4 m) describiendo semidetalladamente la variación vertical en el color y en la textura.

En este estudio, para caracterizar los sectores de muestreo, se utilizaron solamente los promedios de los resultados de estas muestras superficiales más algunas otras muestras superficiales colectadas por los pedólogos y geólogos. Todos los métodos y resultados analíticos de esas muestras se presentan en el Apéndice 7.4.

## **MÉTODOS PARA LOS ANÁLISIS DE LOS DATOS**

### **IMAGEN DE SATÉLITE**

La imagen de satélite Landsat TM que se utilizó en el presente trabajo fue tomada el 23 de Julio de 1993 (véase el Mapa geoecológico, Anexado en este libro). Las diferencias y semejanzas florísticas entre los sectores de muestreo se compararon con los patrones de coloración en la imagen de satélite, tanto en una manera visual como en una manera numérica. En el análisis visual, se observaron los patrones visibles en la imagen y se trató de entenderlos tanto en términos de la composición florística del bosque como en términos de la geología y geomorfología.

Para el análisis numérico, se ubicó en cada sector de muestreo un área alrededor del muestreo florístico (según la longitud del transecto esta área fue desde 24,3 hasta 90 ha, ó entre 270 y 1000 pixels, véase la Tabla 7.1). De esas áreas se extrajeron los valores promedios de reflectancia de luz en seis diferentes longitudes de onda, o sea las bandas 1 a 5 y la banda 7 (véase el recuadro abajo). Las reflectancias pro-



medio fueron utilizadas para caracterizar numéricamente cada uno de los sectores de muestreo. Lamentablemente, en muchos sectores la presencia de nubes ó una perturbación obvia de actividades humanas impidió la medida confiable de reflectancia del bosque natural. Consecuentemente, para estos análisis sólo se podían utilizar diez de los sectores con muestreo de árboles, y 23 de los sectores con muestreo de pteridófitas y Melastomataceas. El programa ER-Mapper 5.5 fue utilizado para trabajar digitalmente con la imagen.

#### IMÁGENES DE SATÉLITE

La imagen de satélite Landsat TM consiste de células o pixels que corresponden a 30 m x 30 m en el campo. Para cada pixel, el satélite registra valores de reflectancia de luz solar en siete áreas diferentes de longitud de onda, llamadas las bandas 1 a 7. Las tres primeras bandas representan longitudes de onda de luz visible: 0,45-0,52  $\mu\text{m}$  (banda 1); 0,52-0,60  $\mu\text{m}$  (banda 2) y 0,63-0,69  $\mu\text{m}$  (banda 3). Las bandas 4, 5 y 7 corresponden a luz infrarroja: 0,76-0,90  $\mu\text{m}$  (banda 4); 1,55-1,75  $\mu\text{m}$  (banda 5) y 2,08-2,35  $\mu\text{m}$  (banda 7). La banda 6 representa radiación térmica (10,4-11,7  $\mu\text{m}$ ) y sus pixels son más grandes que los pixels de las otras bandas, 120 m x 120 m. La banda 6 no fue utilizada en el presente trabajo.

#### MEDIDAS DE DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS ENTRE LOS SECTORES DE MUESTREO

Una idea general en este estudio fue investigar si los cambios en la composición florística están relacionados con otros cambios del medio ambiente. En otras palabras, se trata de ver si los sectores de muestreo que comparten una flora semejante, también son semejantes en términos edáficos, y viceversa. Para este fin, es necesario utilizar algún método exacto para expresar el grado de semejanza ó diferencia entre los sectores de muestreo, tanto en base de la composición florística como en base de las características de los suelos y la imagen de satélite.

En las comparaciones florísticas entre los sectores de muestreo se utilizó el índice de similitud de Jaccard. Para diferencias y semejanzas en términos de las características del suelo o reflectancias de luz (medida por el satélite) se utilizó la distancia euclidiana convertida en un índice de similitud (véase el recuadro abajo). Un índice de similitud consigue valores altos cuando los lugares comparados son semejantes, y valores bajos cuando los lugares son diferentes. Se calculó los valores de los índices entre cada par de lugares de muestreo, y se dispusieron los índices en tablas ó matrices donde se presentan los valores en un orden sistemático (véase un ejemplo en la Tabla 7.8). Todos los cálculos de semejanzas y diferencias, igual que los análisis siguientes, se hicieron con el *R-package* (Legendre & Vaudor 1991), que es un paquete de programas para análisis multivariante.

#### EL ÍNDICE DE JACCARD Y LA DISTANCIA EUCLIDEANA CONVERTIDA

El valor del índice de Jaccard (Legendre & Legendre 1983) puede variar entre 0 y 1, donde 0 significa que los dos sectores no comparten ni una especie, y 1 significa que los dos sectores tienen exactamente las mismas especies. El índice de Jaccard multiplicado por 100 es igual al porcentaje de especies compartidas del número total de especies encontradas en los dos lugares. Sólo se considera la presencia ó ausencia de las especies en cada lugar, no las abundancias de estas.

La distancia euclidiana convertida se calculó en base de la distancia euclidiana. La distancia euclidiana se calcula a base al teorema de Pythagoras. Por ejemplo, en la comparación de los sectores 1 y 2 en base a los promedios de las tres bandas de luz visible (bandas 1, 2 y 3) la fórmula es:

$$\text{distancia euclidiana} = \sqrt{(b1_1-b1_2)^2 + (b2_1-b2_2)^2 + (b3_1-b3_2)^2}$$

en cual:

$b1_1$  = valor de reflectancia de la banda 1 en el sector 1

$b1_2$  = valor de reflectancia de la banda 1 en el sector 2

$b2_1$  = valor de reflectancia de la banda 2 en el sector 1

$b2_2$  = valor de reflectancia de la banda 2 en el sector 2

$b3_1$  = valor de reflectancia de la banda 3 en el sector 1

$b3_2$  = valor de reflectancia de la banda 3 en el sector 2

Al utilizar más (ó menos) bandas para describir las características del sector se aumenta (ó disminuye) respectivamente el número de componentes en el suma de cuadrado dentro de la raíz cuadrada.

El valor mínimo de la distancia euclidiana es 0, lo que significa que los dos sectores de muestreo son idénticos considerando las características utilizadas. El valor del índice es siempre más grande cuando los dos sectores son diferentes. Eso representa un comportamiento opuesto al del índice de Jaccard, el cual obtiene valores mayores cuando los dos sectores son similares. Por eso se dice que el índice de Jaccard es un índice de similitud, mientras que la distancia euclidiana es un índice de diferencia.

El objetivo en el presente estudio fue investigar, en términos generales, si los sectores que son semejantes a base de un criterio (por ejemplo, composición de especies de pteridófitas) también son semejantes cuando se usa otro criterio (por ejemplo, reflectancias de luz en la imagen de satélite). Para tales comparaciones es preferible utilizar índices con el mismo comportamiento, y eso se obtuvo en este caso con la conversión de los valores de la distancia euclidiana a valores de similitud (DE') en la manera siguiente:

**DE' = 1- distancia euclidiana**

La distancia euclidiana convertida (DE') es un índice de similitud comparable al índice de Jaccard.

Antes de utilizar los promedios de las características del suelo para calcular las distancias euclidianas convertidas entre los sectores, se estandarizaron los valores de las características del suelo como para tener el mismo promedio (0) y la misma varianza (1) en todas las variables. La estandarización se hizo substrayendo del valor original el promedio de la variable, y después dividiéndolo por la desviación estándar de dicha variable.

La estandarización fue necesaria porque las diferentes características del suelo tienen valores absolutos y rangos muy diferentes; por ejemplo el pH varía relativamente poco alrededor del valor 4, mientras que por ejemplo el porcentaje de arena varía de 10 hasta 90. Si uno utiliza los valores originales y junta varias características para calcular la distancia euclidiana, el resultado sería fuertemente dominado por las variables que tienen mucha variación absoluta en sus valores (como el porcentaje de arena). Las variables cuyos valores absolutos son relativamente pequeños y semejantes (como el pH) no afectarían casi en nada al valor del índice. El efecto de la estandarización es darles la misma ponderación a cada variable en el cálculo de la distancia euclidiana convertida.

## **VISUALIZACIÓN DE LAS DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS ENTRE LOS SECTORES DE MUESTREO**

Para visualizar la información de semejanzas y diferencias calculadas (los valores de los índices de similitud) entre los sectores de muestreo, se utilizó la técnica de ordenación de coordenadas principales (Legendre & Legendre 1983). En la ordenación se presentan los sectores de muestreo como puntos en una figura de tal manera que los sectores semejantes según el criterio utilizado aparecen como puntos cercanos entre sí, y los sectores diferentes se sitúan lejanos entre sí (véase el siguiente recuadro).

## **CORRELACIONES ENTRE LAS MATRICES DE SIMILITUD**

La prueba de Mantel (1967) fue utilizada para estudiar matemáticamente si existe correlación lineal entre las matrices de similitud. Se aplicó la forma estandarizada de esta prueba (Smouse *et al.* 1986) que da un valor del coeficiente de correlación entre -1 (correlación negativa completa) y +1 (correlación positiva completa). Para estimar la probabilidad del error en el signo del coeficiente de correlación se efectuaron 999 aleatorizaciones (véase el recuadro en la página 266).



## **LAS MATRICES DE SIMILITUD Y EL MÉTODO DE ORDENACIÓN**

Las matrices de similitud presentan, de manera condensada, las relaciones entre los sectores de muestreo, pero sólo considerando los valores del índice es difícil formarse una idea general de cuál es el patrón de las semejanzas y diferencias. Una situación parecida se puede encontrar en guías viales, que presentan cuadros con distancias en kilómetros entre las ciudades principales de un país.

Es fácil chequear en tal cuadro cuál es la distancia entre dos ciudades de interés. Pero si uno quiere obtener una idea general sobre la distribución geográfica de las ciudades, es mucho más sencillo verlo en un mapa que en un cuadro de distancias.

Uno puede pensar que la tarea de la visualización de los patrones en cualquier matriz de distancia o similitud es como producir un mapa de ciudades en base a las distancias medidas entre ellas. Si la matriz de interés es de similitudes, hay que pensar que primero se convierten los valores de similitud a valores de distancia (distancia = 1- similitud).

En el mapa, se dibujan cerca entre sí los lugares con valores de distancia pequeñas, y lejos uno del otro los lugares con distancias grandes. Si tenemos una matriz de distancias entre ciudades, es relativamente fácil construir el mapa, porque sabemos que las ciudades se encuentran prácticamente en un plano de dos dimensiones (latitud y longitud). La tercera dimensión (altitud) sí existe, pero las diferencias en altitud son muy pequeñas en comparación con las distancias horizontales, y consecuentemente no se pierde mucha información aunque se ignore la altitud.

En el caso que la matriz de similitud esté basada en, por ejemplo, la composición florística de sitios de muestreo, no hay ninguna razón para pensar que existen sólo dos dimensiones importantes. Además, aunque uno pensaría que dos dimensiones son suficientes para describir los patrones, no podemos predecir que orientaciones van a tener. En realidad, para presentar un mapa exacto de por ejemplo 10 sitios en base a una matriz de similitud, se necesitan 9 dimensiones en un espacio donde cada dimensión forma un ángulo de 90 grados con todas las otras dimensiones.

En términos generales, una matriz de  $n$  lugares requiere  $n-1$  dimensiones para una presentación completa. Un espacio de más de tres dimensiones ortogonales sobrepasa la capacidad de imaginación, pero matemáticamente es posible construirlo. Existen varios métodos matemáticos para calcular las dimensiones; aquí se utilizó el método "ordenación de coordenadas principales" (Legendre & Legendre 1983). Este método es flexible de tal manera que uno mismo puede elegir el índice de similitud o distancia que sea el más apto para los datos.

En el ejemplo de las distancias entre ciudades, se notó que dos dimensiones (latitud y longitud) presentaron más variación que la tercera (altitud), ó sea, eran más importantes. De la misma manera se puede pensar que en un caso de  $n$  lugares, algunas de las  $n-1$  dimensiones son más importantes que otras.

En efecto, la ordenación de coordenadas principales organiza las dimensiones de tal manera que la primera dimensión es el más importante, y cada una de las dimensiones siguientes es menos importante que la anterior, hasta la última dimensión que es la menos importante. Para una visualización concreta y entendible, que se puede imprimir en papel, lo mejor es elegir las dos primeras dimensiones y dibujar los sitios en un mapa a base de las coordenadas que el programa da para estas dos dimensiones o ejes.

### LA PRUEBA DE MANTEL

La visualización por medio de ordenación de los patrones de semejanzas y diferencias entre sectores de muestreo es muy útil cuando se trata de ver si hay relación entre la composición florística y las características ambientales. Si dos ordenaciones de los sectores, una en base a la composición florística y otra en base a alguna característica ambiental, dan posiciones semejantes a los sectores, se puede concluir que la variación de la característica ambiental está correlacionada con la variación de la composición florística. Pero en base a las ordenaciones es difícil de cuantificar el grado de la correlación, evaluar su significado estadístico, o estimar cuáles de las características ambientales son las más altamente correlacionadas con la composición florística. Para obtener respuesta a estas preguntas, se puede hacer un análisis de correlación directamente entre las matrices de similitud.

Un método para calcular correlaciones entre matrices es la prueba de Mantel (1967). En esta prueba, la similitud observada ( $Z$ ) entre dos matrices ( $X$  y  $Y$ ) se calcula como:

$$Z = \sum_i \sum_j X_{ij} Y_{ij}$$

donde  $X_{ij}$  e  $Y_{ij}$  corresponden a las similitudes entre los sectores  $i$  y  $j$  en las dos matrices. El valor observado de  $Z$  se compara con el valor esperado de  $Z$ , que se obtiene por un método de sorteo al azar. Los valores de similitud en la matriz  $X$  se mantienen fijos, mientras en la matriz  $Y$  se sortean; después se calcula  $Z$  de nuevo. Cuando se repiten el sorteo y el cálculo de  $Z$  varias veces, la variación en los valores de  $Z$  adquiere una distribución que permite la estimación de la probabilidad de conseguir al azar la similitud observada originalmente. Por ejemplo, si se hacen 99 sorteos y uno de ellos resulta en un valor de  $Z$  más extremo que el valor observado originalmente, se tiene en total 2 valores iguales o más extremos que el original de los 99+1 veces de haber calculado  $Z$ . Eso corresponde a una significación estadística de  $p < 2/100$ , o sea,  $p < 0,02$ . En el presente estudio se hizo el sorteo 999 veces para estimar la significación estadística de la similitud original al nivel de  $p < 0,001$ .

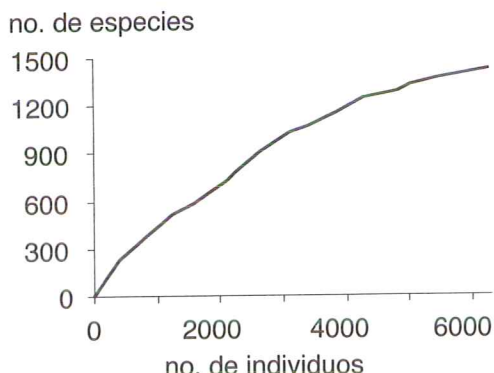
Aquí se utilizó una forma estandarizada de  $Z$  (Smouse *et al.* 1986) que siempre está entre +1 (correlación positiva perfecta) y -1 (correlación negativa perfecta), y es igual a la correlación lineal de Pearson. La estandarización no afecta a las probabilidades asociadas.

## RESULTADOS

### ÁRBOLES

En total se hicieron observaciones de 6253 individuos y 1416 especies de árboles en los 15 sectores donde se muestrearon árboles (Tabla 7.2 y Apéndice 7.1). La acumulación de especies como función del aumento de individuos no demostró ninguna nivelación, aunque lentamente se disminuyó el tacto de la observación de especies nuevas (Figura 7.2). En la riqueza de especies no hubo muchas diferencias entre los sectores de muestreo: en general se encontró alrededor de 200 especies por sector. Es un poco complicado comparar, de manera exacta, la diversidad de especies entre los sectores, porque tanto la superficie muestreada como el número de individuos encontrado variaba entre los sectores. Pero en términos generales se

puede decir que en casi todos los sectores se encontró un promedio de más ó menos 2 individuos por especie. Los sectores que más se diferenciaron de los otros son Mishana 2 y Mishana 3, en donde la concentración de especies fue menor.



**Figura 7.2.** La acumulación del número de especies de árboles como función del número de individuos en los 15 sectores inventariados. El cálculo está hecho de tal manera que primero se contaron los individuos y el número de especies en uno de los sectores de muestreo, y después se añadió a este listado los individuos de los otros sectores, sector por sector, y cada vez se contó de nuevo el número de individuos y especies. Los sectores se tomaron en cuenta en el siguiente orden: Tarapoto, Gengen, Ex Petroleros, Momón 2, San Antonio 1, 13 de Febrero arcilla, Santa Ana, Nauta, Momón 1, Maniti, Pangana, Mishana 1, 13 de Febrero arena, Mishana 3 y Mishana 2.

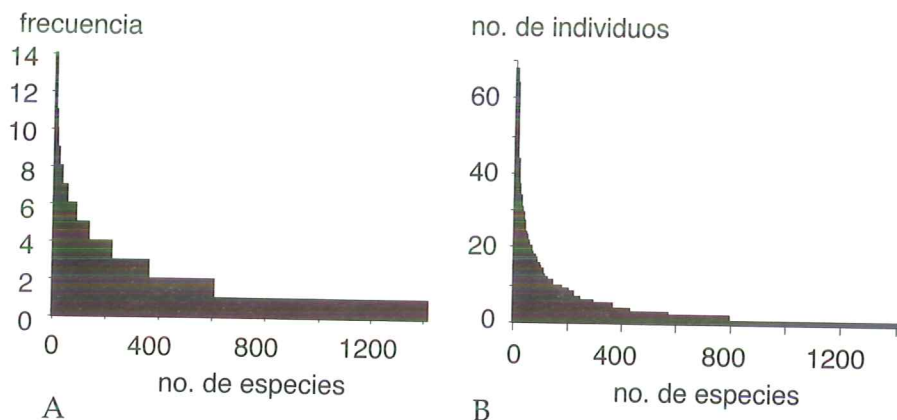
Las especies pertenecen a por lo menos 75 familias diferentes; 18 especies quedaron sin identificación de la familia (Tabla 7.3). Las familias más ricas en especies son, en general, las que más individuos tienen, aunque hay algunas excepciones a esta regla. Las más notables son Myristicaceae, Violaceae y Rutaceae que tienen mucho más individuos que su riqueza en especies sugiere. Por otro lado, Lauraceae, Myrtaceae y Elaeocarpaceae son familias bien ricas en especies, pero son representadas por relativamente pocos individuos.

Ninguna de las especies fue observada en todos los sectores de muestreo, y la mayoría de las especies (811 ó 57,7 %) sólo fueron observadas en un sector (Figura 7.3A). Apenas 30 especies (2,1 %) fueron observadas en más de 50 % de los sectores (Figura 7.3A, Tabla 7.4). Las cuatro especies más abundantes tuvieron más de 60 individuos cada una, pero las 625 especies menos abundantes presentaban un solo individuo cada una (Figura 7.3B). Las 32 especies más abundantes representaron 20 % de todos los individuos (Tabla 7.5). Es notable que tanto en términos de frecuencia como en términos de abundancia hay varias especies de Myristicaceae que presentan cifras elevadas. También en las familias Burseraceae, Euphorbiaceae y Violaceae se encuentran varias especies frecuentes y/o abundantes.



**Tabla 7.2.** Área inventariada, número de individuos y número de especies de árboles encontrados en los 15 sectores de muestreo de árboles. En la columna del número de especies se indica en paréntesis el número promedio de individuos por especie.

SECTOR	Área inventariada (ha)	Número de Individuos	Número de especies (individuos por especie)
Tarapoto	0,16	413	234 (1,8)
Gengen	0,16	435	220 (2,0)
Ex Petroleros	0,16	400	240 (1,7)
San Antonio 1	0,16	546	275 (2,0)
Momón 2	0,125	330	165 (2,0)
13 de Febrero arcilla	0,08	150	114 (1,3)
Santa Ana	0,16	368	234 (1,6)
Nauta	0,16	447	245 (1,8)
Mishana 1	0,1875	532	195 (2,7)
Momón 1	0,125	297	145 (2,0)
Manití	0,16	459	214 (2,1)
Panguana 1	0,16	437	240 (1,8)
13 de Febrero arena	0,08	203	135 (1,5)
Mishana 3	0,125	435	132 (3,3)
Mishana 2	0,25	801	159 (5,0)
<b>Total</b>	<b>2,2525</b>	<b>6253</b>	<b>1416 (4,4)</b>



**Figura 7.3.** Diagramas de especies de árboles en los 15 sectores inventariados. A. Distribución de las frecuencias entre las especies. B. Distribución de la abundancia entre las especies. Se nota que las escalas en los ejes verticales son diferentes: la frecuencia no puede sobrepasar el valor 15, lo que significa que la especie fue encontrada en todos los sectores de muestreo, mientras que el número de individuos no tiene un valor máximo teórico. Cada unidad en el eje horizontal representa una especie, y las especies están organizadas de izquierda a derecha según disminuya su frecuencia (A) o número de individuos (B).

Tabla 7.3. Número y porcentajes de especies e individuos por familia entre los árboles observados en los 15 sectores de muestreo.

FAMILIA	Número de especies	Número de individuos	% de especies	% de individuos
Leguminosae	157	622	11,1	9,9
Sapotaceae	123	395	8,7	6,3
Lauraceae	104	237	7,3	3,8
Annonaceae	83	303	5,9	4,8
Rubiaceae	69	235	4,9	3,8
Myrtaceae	63	138	4,4	2,2
Meliaceae	51	245	3,6	3,9
Chrysobalanaceae	51	194	3,6	3,1
Moraceae	47	217	3,3	3,5
Euphorbiaceae	42	372	3,0	5,9
Burseraceae	42	289	3,0	4,6
Clusiaceae	40	115	2,8	1,8
Melastomataceae	39	115	2,8	1,8
Elaeocarpaceae	36	78	2,5	1,2
Myristicaceae	31	490	2,2	7,8
Flacourtiaceae	28	132	2,0	2,1
Apocynaceae	28	122	2,0	2,0
Arecaceae	25	174	1,8	2,8
Lecythidaceae	24	215	1,7	3,4
Sapindaceae	23	72	1,6	1,2
Cecropiaceae	22	88	1,6	1,4
Nyctaginaceae	16	119	1,1	1,9
Bombacaceae	16	96	1,1	1,5
Violaceae	14	225	1,0	3,6
Monimiaceae	14	94	1,0	1,5
Anacardiaceae	14	33	1,0	0,5
Sterculiaceae	13	69	0,9	1,1
Olacaceae	10	61	0,7	1,0
Myrsinaceae	10	21	0,7	0,3
Combretaceae	10	20	0,7	0,3
Simaroubaceae	9	15	0,6	0,2
Rutaceae	8	100	0,6	1,6
Bignoniaceae	8	53	0,6	0,8
Boraginaceae	7	43	0,5	0,7
Ebenaceae	7	29	0,5	0,5
Icacinaceae	6	29	0,4	0,5
Linaceae	6	26	0,4	0,4

Humiriaceae	6	25	0,4	0,4
Quiinaceae	6	9	0,4	0,1
Lacistemataceae	5	28	0,4	0,4
Vochysiaceae	5	20	0,4	0,3
Malpighiaceae	5	17	0,4	0,3
Piperaceae	5	16	0,4	0,3
Hippocrateaceae	5	9	0,4	0,1
Ochnaceae	5	6	0,4	0,1
Araliaceae	4	46	0,3	0,7
Tiliaceae	4	12	0,3	0,2
Dichapetalaceae	4	8	0,3	0,1
Capparidaceae	4	7	0,3	0,1
Memecylaceae	4	7	0,3	0,1
Polygonaceae	4	5	0,3	0,1
Sabiaceae	3	48	0,2	0,8
Loganiaceae	3	14	0,2	0,2
Rhizophoraceae	3	4	0,2	0,1
Ulmaceae	2	11	0,1	0,2
Caryocaraceae	2	4	0,1	0,1
Connaraceae	2	3	0,1	0,0
Erythroxylaceae	2	3	0,1	0,0
Rhamnaceae	2	2	0,1	0,0
Verbenaceae	2	2	0,1	0,0
Theaceae	1	12	0,1	0,2
Magnoliaceae	1	8	0,1	0,1
Passifloraceae	1	5	0,1	0,1
Aquifoliaceae	1	3	0,1	0,0
Oleaceae	1	3	0,1	0,0
Rosaceae	1	3	0,1	0,0
Celastraceae	1	2	0,1	0,0
Opiliaceae	1	2	0,1	0,0
Styracaceae	1	2	0,1	0,0
Bixaceae	1	1	0,1	0,0
Lepidobotryaceae	1	1	0,1	0,0
Menispermaceae	1	1	0,1	0,0
Proteaceae	1	1	0,1	0,0
Staphyleaceae	1	1	0,1	0,0
Urticaceae	1	1	0,1	0,0
Fam. indet.	18	20	1,3	0,3
Total	1416	6253	100,0	100,0



Tabla 7.4. Las 30 especies de árboles más frecuentes en los 15 sectores inventariados.

FAMILIA	Especie	Frecuencia	Número de individuos	% de individuos
Myristicaceae	<i>Iryanthera macrophylla</i>	14	34	0,54
Myristicaceae	<i>Virola calophylla</i>	14	68	1,09
Olacaceae	<i>Tetrastylidium peruvianum</i>	14	34	0,54
Myristicaceae	<i>Iryanthera cf. paraensis</i>	12	37	0,59
Boraginaceae	<i>Cordia nodosa</i>	11	24	0,38
Cecropiaceae	<i>Pourouma minor</i>	11	16	0,26
Nyctaginaceae	<i>Neea cf. verticillata</i>	11	55	0,88
Annonaceae	<i>Unonopsis stipitata</i>	10	34	0,54
Burseraceae	<i>Protium nodulosum</i>	10	28	0,45
Burseraceae	<i>Protium opacum</i>	10	22	0,35
Euphorbiaceae	<i>Nealchornea yapurensis</i>	10	30	0,48
Annonaceae	<i>Guatteria megalophylla</i>	9	24	0,38
Burseraceae	<i>Protium grandifolium</i>	9	17	0,27
Euphorbiaceae	<i>Conceveiba rhytidocarpa</i>	9	22	0,35
Melastomataceae	<i>Tococa guianensis</i>	9	31	0,50
Moraceae	<i>Naucleopsis imitans</i>	9	18	0,29
Moraceae	<i>Pseudolmedia laevigata</i>	9	18	0,29
Myristicaceae	<i>Virola pavonis</i>	9	62	0,99
Myrtaceae	<i>Eugenia florida</i>	9	18	0,29
Arecaceae	<i>Oenocarpus bataua</i>	8	41	0,66
Arecaceae	<i>Socratea exorrhiza</i>	8	18	0,29
Burseraceae	<i>Protium apiculatum</i>	8	38	0,61
Flacourtiaceae	<i>Casearia javitensis</i>	8	18	0,29
Lecythidaceae	<i>Eschweilera cf. coriacea</i>	8	29	0,46
Lecythidaceae	<i>Eschweilera tessmannii</i>	8	16	0,26
Leguminosae	<i>Inga tenuistipula</i>	8	17	0,27
Moraceae	<i>Perebea xanthochyma</i>	8	16	0,26
Myristicaceae	<i>Iryanthera juruensis</i>	8	24	0,38
Sterculiaceae	<i>Theobroma subincanum</i>	8	22	0,35
Violaceae	<i>Leonía glyxicarpa</i>	8	19	0,30

### Melastomatáceas

En los 32 sectores de estudio donde se hizo inventario de las Melastomatáceas, se observaron en total 134 especies de esta familia, representando por lo menos 13 géneros diferentes; dos especies no fueron identificadas hasta el género (Apéndice 7.2). En varios de los sectores se registró solamente la presencia de las especies sin contar los individuos, y por lo tanto no es posible dar cifras exactas del número de

individuos observados. Pero se puede calcular un promedio de individuos de Melastomataceas por área, utilizando los sectores donde sí se contaron los individuos: en un área de 6,25 ha se observaron 9507 individuos de Melastomataceas, lo cual resulta en un promedio de 1521 individuos por hectárea. El área total de los inventarios de las Melastomataceas en los 32 sectores llega a 10,46 ha, así que se puede estimar que a los resultados del presente estudio han contribuido unos 16 000 individuos de Melastomataceas.

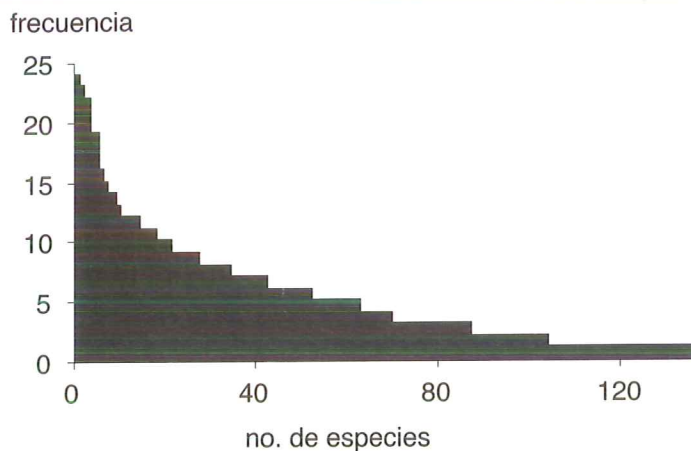
Tabla 7.5. Las 32 especies de árboles más abundantes (con el mayor número de individuos) en los 15 sectores inventariados.

FAMILIA	Especie	Número de individuos	% de individuos	Frecuencia
Myristicaceae	<i>Virola calophylla</i>	68	1,09	14
Violaceae	<i>Rinorea racemosa</i>	68	1,09	6
Rutaceae	<i>Ravenia biramosa</i>	64	1,02	1
Myristicaceae	<i>Virola pavonis</i>	62	0,99	9
Nyctaginaceae	<i>Neea cf. verticillata</i>	55	0,88	11
Euphorbiaceae	<i>Mabea speciosa</i>	53	0,85	7
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>	52	0,83	5
Leguminosae	<i>Macrolobium microcalyx</i>	44	0,70	2
Areaceae	<i>Oenocarpus bataua</i>	41	0,66	8
Monimiaceae	<i>Siparuna guianensis</i>	41	0,66	7
Violaceae	<i>Rinorea flavesces</i>	39	0,62	4
Burseraceae	<i>Protium apiculatum</i>	38	0,61	8
Euphorbiaceae	<i>Senefeldera macrophylla</i>	37	0,59	4
Lecythidaceae	<i>Eschweilera cf. andina</i>	37	0,59	6
Myristicaceae	<i>Iryanthera cf. paraensis</i>	37	0,59	12
Leguminosae	<i>Macrolobium limbatum</i>	36	0,58	6
Annonaceae	<i>Unonopsis stipitata</i>	34	0,54	10
Myristicaceae	<i>Iryanthera macrophylla</i>	34	0,54	14
Oleaceae	<i>Tetrastylidium peruvianum</i>	34	0,54	14
Myristicaceae	<i>Otoba glycyarpa</i>	33	0,53	6
Lecythidaceae	<i>Eschweilera sp.1</i>	32	0,51	5
Annonaceae	<i>Diclinanona tessmannii</i>	31	0,50	7
Bombacaceae	<i>Rhodognaphalopsis brevipes</i>	31	0,50	2
Melastomataceae	<i>Tococa guianensis</i>	31	0,50	9
Euphorbiaceae	<i>Nealchornea yapurensis</i>	30	0,48	10
Euphorbiaceae	<i>Mabea sp.1</i>	29	0,46	3
Lecythidaceae	<i>Eschweilera cf. coriacea</i>	29	0,46	8
Leguminosae	<i>Pithecellobium basijugum</i>	29	0,46	7
Myristicaceae	<i>Iryanthera tricornis</i>	29	0,46	5
Burseraceae	<i>Protium nodulosum</i>	28	0,45	10
Euphorbiaceae	<i>Senefeldera inclinata</i>	28	0,45	5
Myristicaceae	<i>Iryanthera polyneura</i>	27	0,43	6

Seis especies (4,4 %) de las Melastomatáceas fueron encontradas en más del 50 % de los sectores de estudio, mientras que 32 especies (23,7 %) se observaron sólo en un sector (Figura 7.4). Las especies más frecuentemente encontradas están en el listado de la Tabla 7.6.

**Tabla 7.6.** Las 20 especies más frecuentes de las Melastomatáceas en los sectores de estudio.

ESPECIE	Frecuencia (número de sectores)	Frecuencia (% de sectores)
<i>Maieta guianensis</i>	24	75
<i>Tococa ulei</i>	23	72
<i>Miconia tomentosa</i>	22	69
<i>Miconia klugii</i>	19	59
<i>Tococa guianensis</i>	19	59
<i>Miconia prasina</i>	16	50
<i>Miconia nervosa</i>	15	47
<i>Clidemia epiphytica</i>	14	44
<i>Miconia punctata</i>	14	44
<i>Miconia carassana</i>	13	41
<i>Clidemia longifolia</i>	12	38
<i>Leandra longicoma</i>	12	38
<i>Leandra macdanielii</i>	12	38
<i>Ossaea araneifera</i>	12	38
<i>Miconia serrulata</i>	11	34
<i>Miconia cf. subspicata</i>	11	34
<i>Miconia traillii</i>	11	34
<i>Ossaea boliviensis</i>	11	34
<i>Miconia sp. 55</i>	10	31
<i>Miconia tetrasperma</i>	10	31
<i>Tococa caquetana</i>	10	31



**Figura 7.4.** Distribución de frecuencias entre las especies de Melastomatáceas en los 32 sectores inventariados. Cada unidad en el eje horizontal representa una especie, y las especies están organizadas de izquierda a derecha según la disminución de la frecuencia. La frecuencia máxima, 32, significaría que la especie se encontró en todos los sectores de estudio.

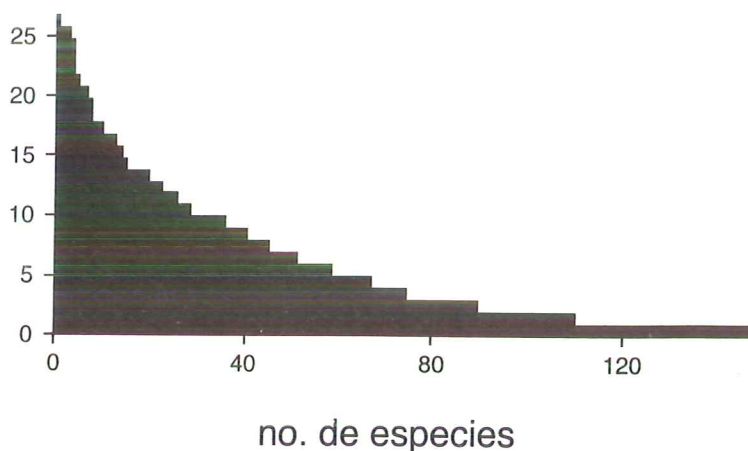


## Pteridófitas

En los 32 sectores de estudio donde se hizo el inventario de las pteridófitas, se observaron en total 152 especies de pteridófitas que representaban 39 géneros diferentes (Apéndice 7.3). En varios de los sectores se registró solamente la presencia de las especies sin contar los individuos, y por lo tanto no es posible dar cifras exactas del número de individuos observados. Pero se puede calcular un promedio de individuos de pteridófitas por área, utilizando los sectores donde sí se contaron los individuos: en un área de 6,25 ha se observaron 47 229 individuos de pteridófitas, lo cual resulta en un promedio de 7557 individuos por hectárea. El área total de los inventarios de las pteridófitas en los 32 sectores totaliza 10,46 ha. Entonces se puede estimar que a los resultados del presente estudio han contribuido unos 80 000 individuos de pteridófitas.

Las frecuencias de las especies de pteridófitas son bastante parecidas a las frecuencias de las Melastomataceas, o un poco más altas. Catorce especies de pteridófitas (9,2 %) se encontraron en más del 50 % de los sectores de estudio, mientras 38 especies (21,1 %) se observaron sólo en un sector (Figura 7.5). Las especies más comúnmente encontradas se incluyen en la lista de la Tabla 7.7.

### frecuencia



**Figura 7.5.** Distribución de frecuencias entre las especies de pteridófitas en los 32 sectores inventariados. Cada unidad en el eje horizontal representa una especie, y las especies están organizadas de izquierda a derecha según la disminución de la frecuencia. La frecuencia máxima, 32, significaría que la especie fue encontrada en todos los sectores estudiados.

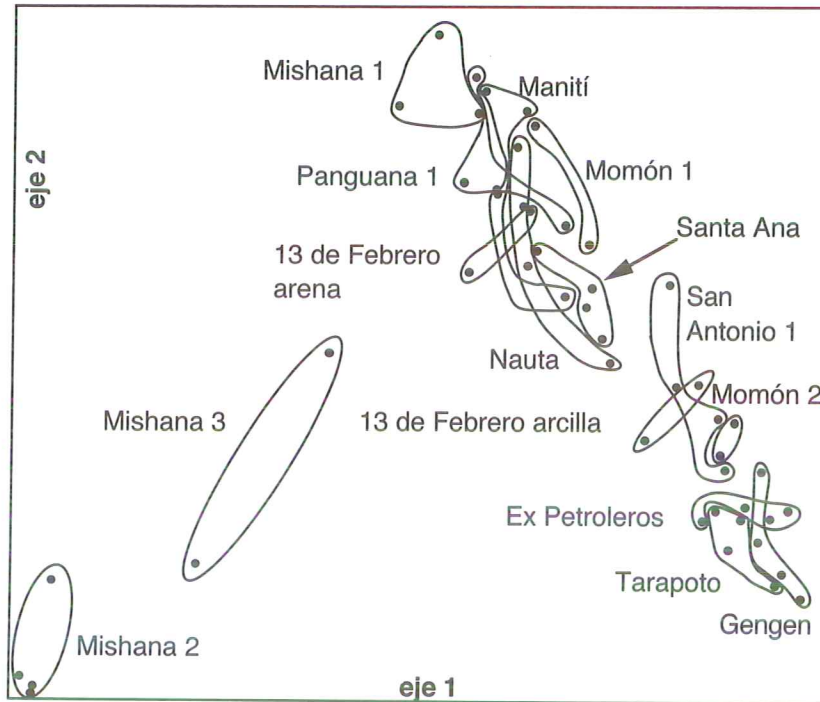
Tabla 7.7. Las 20 especies mas frecuentes de pteridófitas en los 32 sectores de estudio.

ESPECIE	Frecuencia (número de sectores)	Frecuencia (% de sectores)
<i>Cyathea lasiosora</i>	27	84
<i>Lomariopsis nigropaleata</i>	26	81
<i>Trichomanes pinnatum</i> s.l.	26	81
<i>Nephrolepis rivularis</i>	25	78
<i>Metaxya rostrata</i>	22	69
<i>Cyclodium meniscioides</i>	21	66
<i>Polybotrya osmundacea</i>	21	66
<i>Saccoloma inaequale</i>	20	63
<i>Asplenium serratum</i>	18	56
<i>Salpichlaena volubilis</i>	18	56
<i>Adiantum</i> sp. 3 ó <i>Adiantum</i> sp. 4	17	53
<i>Lindsaea divaricata</i>	17	53
<i>Polybotrya pubens</i>	17	53
<i>Lomagramma guianensis</i>	16	50
<i>Polybotrya caudata</i>	15	47
<i>Adiantum humile</i>	14	44
<i>Antrophyum cayennense</i> ó <i>A. guianense</i>	14	44
<i>Cyathea pungens</i>	14	44
<i>Microgramma thurnii</i>	14	44
<i>Schizaea elegans</i>	14	44

## PATRONES FLORÍSTICOS Y AMBIENTALES

### Las 49 parcelas con inventarios de árboles

El muestreo de los árboles consistió de 49 parcelas de un tamaño de 20 x 20 m o de 25 x 25 m, las que se distribuyeron entre los 15 sectores de muestreo de tal manera que cada sector incluyó entre dos y cuatro parcelas. La Figura 7.6 presenta una ordenación que muestra del patrón de semejanzas entre las 49 parcelas, calculadas en base a la composición florística de árboles. En la ordenación se puede apreciar que las parcelas levantadas en el mismo sector, los cuales fueron definidos geográficamente o en base a una diferencia marcada en el suelo, son florísticamente relativamente cercanas entre si. Sólo en el caso de los sectores de Mishana había discrepancia entre la clasificación original del terreno y los patrones florísticos, ya que originalmente sólo se habían reconocido dos unidades de terreno en Mishana (Mishana 1 y Mishana 2; las parcelas marcadas Mishana 3 en Figura 7.6 fueron originalmente divididas entre los otros dos sectores, ya que una se localizó en la planicie de arena blanca y otra en la zona límite entre la terraza y la planicie de arena blanca). Para explicar esta discrepancia, se volvió a averiguar las características del terreno, y se observó que en realidad las dos parcelas que no conformaban al patrón florístico previsto, tenían una combinación única de suelo arenoso y drenaje malo. Por lo tanto se decidió reconocer un tercer sector en Mishana.



**Figura 7.6.** Ordenación de coordenadas principales basadas en las composiciones florísticas de árboles (índice de Jaccard). Cada punto representa una de las 49 parcelas de tamaño de 20 x 20m o de 25 x 25 m. Las parcelas que representan el mismo sector de estudios están incluidas dentro de la misma línea.

### Los 15 sectores con inventarios de árboles

Las Tablas 7.8, 7.9 y 7.10 representan las matrices de similitud (utilizando los porcentajes de especies compartidas) entre los 15 sectores de muestreo según los tres grupos de plantas observadas (árboles, Melastomatáceas y pteridófitas). Se puede observar que los porcentajes de especies compartidas tienen rangos diferentes en los tres grupos de plantas: con árboles que varían de 3 á 35 %, con Melastomatáceas que varían de 0 á 60 %, y con pteridófitas que varían de 0 á 54 %. Las ordenaciones basadas en estos porcentajes (Figuras 7.7A-C) muestran los patrones generales de semejanzas y diferencias florísticas entre los sectores. La Figura 7.7D muestra una ordenación basada en una combinación de varias características de los suelos (pH, LOI, porcentaje de arena, y los contenidos de Al, Ca, K, Mg y Na).



**Tabla 7.8.** Porcentaje de especies de árboles compartidos entre todos los pares de los 15 sectores de muestreo.

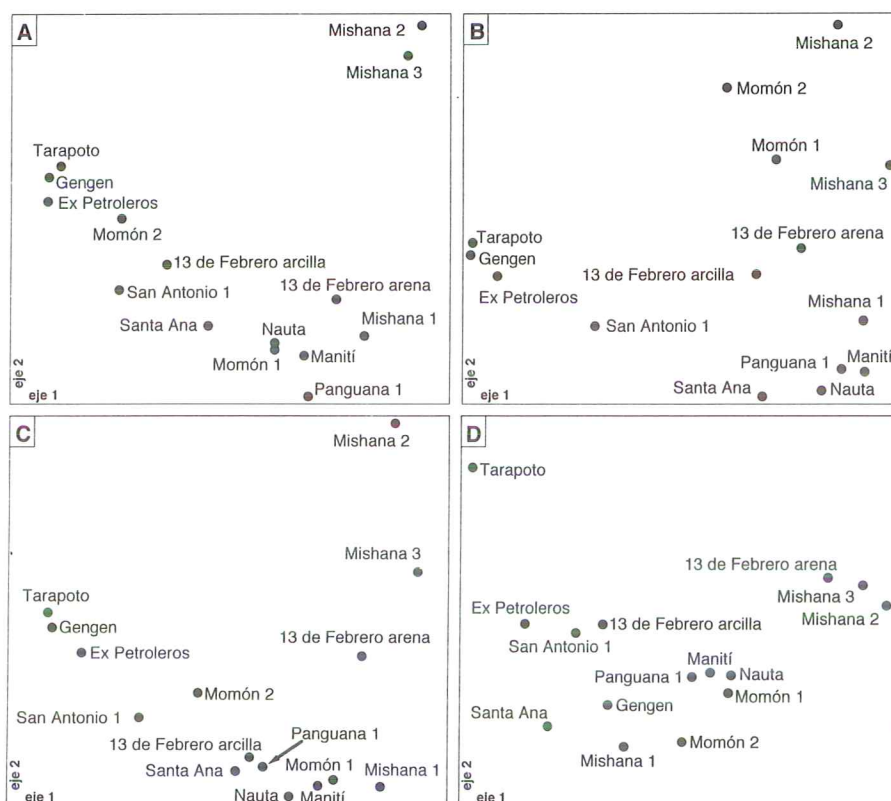
	Gen	Ex P	Mo 2	Ant	F arc	Ana	Nau	Mo 1	Man	Pang	Mish	F are	Mi 3	Mi 2
Tarapoto	33	29	17	23	16	14	13	12	12	11	8	5	5	3
Gengen		34	30	27	19	18	19	15	18	14	10	10	9	6
Ex Petroleros			25	32	23	21	19	13	15	13	11	12	7	4
Momón 2				25	18	21	15	23	17	13	20	11	13	9
San Antonio 1					24	26	25	22	21	18	20	17	7	7
13 de Febr. arcilla						17	17	16	15	14	16	18	9	5
Santa Ana							24	19	25	20	19	14	10	10
Nauta								23	24	26	27	22	14	14
Momón 1									23	20	27	18	11	8
Manití										28	29	19	19	12
Panguana 1											29	19	11	10
Mishana												24	22	16
13 de Febr. arena													17	14
Mishana 3														35

**Tabla 7.9.** Porcentaje de especies de Melastomataceas compartidas entre todos los pares de los 15 sectores de muestreo.

	Gen	Ex P	Mo 2	Ant	F arc	Ana	Nau	Mo 1	Man	Pang	Mish	F are	Mi 3	Mi 2
Tarapoto	59	41	6	22	10	11	5	3	5	3	2	7	0	0
Gengen		55	14	32	17	16	8	5	7	8	5	15	2	0
Ex Petroleros			12	35	19	23	8	8	5	10	8	17	3	0
Momón 2				9	13	10	10	20	8	10	10	12	12	9
San Antonio 1					23	26	14	9	12	15	10	20	6	2
13 de Febr. arcilla						32	14	19	22	17	23	60	24	14
Santa Ana							29	22	37	31	22	27	12	6
Nauta								7	25	28	26	14	17	5
Momón 1									14	13	9	25	5	8
Manití										37	26	27	23	9
Panguana 1											22	22	24	14
Mishana												28	28	7
13 de Febr. arena													24	14
Mishana 3														25

**Tabla 7.10.** Porcentaje de especies de pteridófitas compartidas entre todos los pares de los 15 sectores de muestreo.

	Gen	Ex P	Mo 2	Ant	F arc	Ana	Nau	Mo 1	Man	Pan	Mis	F are	Mi 3	Mi 2
Tarapoto	54	52	30	36	21	21	17	13	14	23	8	8	2	0
Gengen		53	32	43	23	29	19	16	18	23	9	9	5	0
Ex Petroleros			29	42	27	30	27	20	24	26	16	10	8	2
Momon 2				30	29	28	28	33	32	22	20	21	12	3
San Antonio 1					39	47	34	25	29	39	19	15	13	2
13 de Febr. arcilla						39	33	39	37	35	30	19	15	5
Santa Ana							49	31	44	37	31	18	17	5
Nauta								38	49	31	41	21	17	4
Momon 1									44	39	41	27	21	6
Maniti										40	41	23	19	9
Panguana 1											39	16	18	4
Mishana												27	28	3
13 de Febr. arena													17	9
Mishana 3														23



**Figura 7.7.** Ordenaciones de coordenadas principales de los 15 sectores en estudio. A. La composición florística de árboles (índice de Jaccard). B. la composición florística de las Melastomatáceas (índice de Jaccard). C. la composición florística de las pteridófitas (índice de Jaccard). D. características del suelo (distancia euclidiana en base a pH, LOI, porcentaje de arena, y contenido de Al, Ca, K, Mg y Na).

Se puede observar que cada una de las ordenaciones presenta un patrón generalmente semejante, y que especialmente las ordenaciones florísticas son parecidas entre sí. Los sectores de muestreo forman una nube curvada, estando en un extremo Tarapoto, Ex Petroleros y Gengen, y en el otro extremo se encuentran Mishana 2 y Mishana 3. También en las partes centrales de las ordenaciones se pueden distinguir otros dos grupos de sectores de muestreo. Casi siempre Momón 2, San Antonio 1, 13 de Febrero arcilla y Santa Ana están en el lado de Tarapoto, mientras Maniti, Panguana 1, Nauta, Mishana 1, Momón 1 y 13 de Febrero arena quedan más cerca de Mishana 2. Las excepciones más evidentes de esta regla son Momón 1 y Momón 2 en el caso de las Melastomatáceas, y Gengen y Momón 2 en el caso de los suelos.

Las características del suelo en los sectores de estudio (Tabla 7.11) sugieren que las posiciones de los sectores en la ordenación (Figura 7.7D) corresponden más que todo a las diferencias en textura y al contenido de cationes en el suelo. Tarapoto y los sectores cercanos en la ordenación tienen porcentaje bajo de arena pero contenido relativamente alto de cationes, y hacia Mishana 2 y Mishana 3 crece la proporción de arena y disminuye el contenido de cationes.

**Tabla 7.11.** Promedios de los valores de características diferentes del suelo en los 32 sectores de muestreo (en  $\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$ ). Las dos columnas separadas para fósforo refieren a los dos métodos diferentes y no directamente comparables que se han utilizado para su análisis (véase Apéndice 7.4). En los 15 sectores marcados con "A", se ha hecho inventarios de árboles, Melastomataceas y pteridófitas; en los otros sectores sólo se ha hecho inventario de Melastomataceas y pteridófitas.

SECTOR		K	Ca	Mg	Na	Al	pH	LOI %	P-Bray	P	Arena %
Palo Seco 1		0,19	8,95	0,98	0,02	3,31	4,09	7,44	10		11,3
Tarapoto	A	0,2	9,17	1,3	0,02	3,43	3,97	6,8	5,67		10,0
7 de Julio		0,15	6,67	0,32	0,02	1,62	4,18	5,73	2,52		20
Gengen	A	0,12	0,46	0,11	0,03	8,37	3,84	5,93		67,6	14,1
Libertad Agraria km 8		0,21	4,94	0,57	0,02	6,28	3,75	7,68	2,73		10,3
Ex Petroleros	A	0,17	1,65	0,48	0,03	7,66	3,64	5,92	5,64		16,1
San Antonio 1	A	0,16	0,76	0,38	0,03	5,98	3,64	6,49	5,96		40,5
Carbajal km0		0,17	1,07	0,41	0,01	7,04	3,5	6,9	8,65		7
Carbajal km2		0,15	0,38	0,26	0,04	10,4	3,58	6,37	5,92		9,5
Palo Seco 2		0,03	0,05	0,04	0	0,11	2,64	3,49	6,72		91
Momón 2	A	0,04	0	0,02	0,01	8,04	3,93	5,52		8,09	10,3
13 de Febrero arcilla	A	0,18	0,94	0,27	0,02	4,85	3,65	5,79	1,35		36,4
Sta. Ana	A	0,18	0,13	0,19	0,02	10	3,56	8,03	1,49		10,8
Carbajal km4		0,12	0,15	0,17	0,03	7,04	3,78	7,24	1,16		29,5
Carbajal km8		0,08	0,83	0,28	0,03	3,41	3,88	4,7	1,72		50
Carbajal km10		0,09	0,32	0,11	0,02	4,25	3,76	4,4	1,65		42,5
Carbajal km12		0,11	0,08	0,14	0,03	6,91	3,58	5,99	1,51		36
San Antonio 2		0,11	0,12	0,13	0,02	5,67	3,67	5,42	3,67		38,2
Nauta	A	0,06	0,01	0,06	0,01	3,88	3,9	5,48		26,1	49,8
Mishana 1	A	0,1	0,14	0,06	0,01	10,3	3,96	7,02		22,8	6,3
Momón 1	A	0,04	0,03	0,04	0,02	4,59	4,02	3,92		24,3	23,5
Manití	A	0,08	0,02	0,09	0,01	3,7	3,85	6,73		66,9	54,6
Panguana 1	A	0,05	0,04	0,06	0,04	3,85	3,91	4,34	0,81		42,2
Panguana 2		0,04	0,05	0,04	0,01	2,72	3,93	2,98	1,24		27,3
Libertad Agraria km 3		0,1	0,06	0,1	0,01	5,28	3,89	7,29	1,66		31,7
San Pedro		0,07	0,02	0,07	0,01	5,26	3,8	5,6	2,03		46,3
13 de Febrero arena	A	0,06	0	0,06	0,01	0,75	3,65	1,86	3,7		80
San Gerardo		0,02	0,11	0,05	0,12	0,22	3,4		2,51		90,5
Carbajal km6		0,27	0,19	0,44	0,07	0,41	2,39	34,7	5,32		53
Pto. Almendras		0,09	0,05	0,07	0,01	0,58	3,22	3,18	6,69		85,3
Mishana 3	A	0,01	0,01	0	0,01	0,63	3,71	1,29		5,13	77,1
Mishana 2	A	0,01	0	0	0	1,29	4,29	1,36		10,6	71,4



Según las ordenaciones en la Figura 7.7, se pueden dividir los sectores de estudio en 4 grupos distintos, y es interesante tratar de identificar las especies que caracterizan algún o algunos de estos grupos. La Tabla 7.12 presenta algunas de dichas especies, elegidas entre las especies más comunes de árboles que se han podido identificar hasta la especie misma (véase Apéndice 7.1). Al interpretar la Tabla 7.12 hay que tomar en cuenta que la preferencia indicada a cierta especie significa que según las observaciones de este estudio, hay claramente una probabilidad más alta de encontrar la especie en los lugares indicados, pero eso no significa necesariamente que la especie no crece en otras partes.

**Tabla 7.12.** Preferencias ecológicas de algunas especies comunes de árboles. Los cuatro círculos representan la gradiente edáfica desde suelos arcillosos con contenido elevado de cationes a la izquierda hacia suelos arenosos con contenido bajo de cationes a la derecha. Los círculos negros significan que las especies mencionadas al costado han sido observadas en la parte respectiva de la gradiente; los círculos blancos significan lo contrario.

Suelo preferido	Especies de árboles
	<i>Croton tessmannii</i> , <i>Otoba glycycarpa</i> , <i>Calyptanthus longifolia</i> , <i>Eugenia discreta</i> , <i>Coussarea megalocarpa</i>
	<i>Tetragastris panamensis</i> , <i>Carpotroche longifolia</i> , <i>Eschweilera cf. coriacea</i> , <i>Perebea xanthochyma</i> , <i>Warszewiczia coccinea</i> , <i>Theobroma obovatum</i>
	<i>Unonopsis stipitata</i> , <i>Socratea exorrhiza</i> , <i>Protium apiculatum</i> , <i>Protium opacum</i> , <i>Pourouma minor</i> , <i>Conceveiba rhytidocarpa</i> , <i>Nealchornea yapurensis</i> , <i>Eschweilera tessmannii</i> , <i>Inga tenuistipula</i> , <i>Siparuna guianensis</i> , <i>Theobroma subincanum</i> , <i>Leonia glycyarpa</i>
	<i>Lindackeria paludosa</i>
	<i>Senefeldera inclinata</i> , <i>Senefeldera macrophylla</i> , <i>Rinorea flavescens</i> , <i>Rinorea racemosa</i>
	<i>Oenocarpus bataua</i> , <i>Sloanea tuerckheimii</i> , <i>Eschweilera cf. andina</i> , <i>Pithecellobium basijugum</i> , <i>Iryanthera polyneura</i> , <i>Iryanthera tricornis</i>
	<i>Protium grandifolium</i> , <i>Mabea speciosa</i> , <i>Tococa guianensis</i> , <i>Virola pavonis</i>
	<i>Diclinanona tessmannii</i> , <i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>
	<i>Aspidosperma exelsum</i> , <i>Dendropanax umbellatus</i> , <i>Rhodognaphalopsis brevipes</i> , <i>Macrolobium limbatum</i> , <i>Macrolobium microcalyx</i> , <i>Tachigali paniculata</i> , <i>Ravenia biramosa</i> , <i>Matayba inelegans</i>

La posición de los sectores con arena blanca (Mishana 2 y Mishana 3) en la ordenación con árboles (Figura 7.7A) sugiere que tienen una composición florística muy especial, y realmente existen varias especies de árboles que solamente se han encontrado en bosques de arena blanca. La Tabla 7.12 menciona para el grupo no. 4 ocho especies que tienen una preferencia ecológica muy clara (Apéndice 7.1).

Además, hay una buena cantidad de especies comunes que crecen en cualquier otro lugar, pero no en arena blanca. No todos los grupos de sectores de inventario están tan bien definidos. Por ejemplo, de las especies encontradas en el grupo número 2 (Momón 2, San Antonio 1, 13 de Febrero arcilla, Santa Ana), pocas tienen obvia preferencia en su distribución justamente a este grupo.

También en el nivel de familias de árboles pueden distinguirse algunas preferencias edáficas. Generalizando un poco, los 15 sectores de estudio pueden arreglarse en una línea que conforma más o menos al orden observado en la ordenación desde Tarapoto hasta Mishana 2 (Figura 7.7A). Si los sectores se organizan en este orden, y se presentan los porcentajes de especies por familia en cada sector (Tabla 7.13), se ve que la distribución de la riqueza relativa de especies por familia no es al azar. Al contrario, hay varias familias cuya diversidad de especies presenta variación según la gradiente edáfica: los valores más altos o más bajos de riqueza de especies se encuentran en una cierta parte de esta gradiente. Entre las 30 familias más ricas en especies, cada una de ellas contiene 10 especies o más (Tabla 7.3), se puede notar que por lo menos 12 familias tienen alguna zona aparentemente preferida en la gradiente edáfica. Flacourtiaceae y Sterculiaceae tienen la mayor concentración de especies en los sectores con suelos arcillosos y con concentraciones de cationes relativamente altas. Burseraceae, Combretaceae, Chrysobalanaceae, Elaeocarpaceae y Lecythidaceae tienen las mayores concentraciones de especies en los lugares con suelos intermedios en términos de textura y concentración de cationes. Cecropiaceae, Meliaceae y Violaceae aparentemente evitan los suelos arenosos y pobres, mientras que Apocynaceae, Myrsinaceae y Sapotaceae justamente son más diversas en tales suelos.

Las abundancias relativas de las familias (Tabla 7.14) proporcionan generalmente las mismas conclusiones de las preferencias edáficas de las familias que la riqueza relativa de especies. Sin embargo, hay algunas familias que presentan tendencias de preferencia en cuanto a su abundancia pero no en cuanto a su riqueza de especies. Por ejemplo las Leguminosae son claramente más abundantes en los lugares con suelos arenosos y pobres, pero la riqueza de especies no es restringida a suelos pobres. Las Moraceae, en cambio, abundan más bien afuera de los suelos pobres. Las Melastomataceae aparecen más abundantes en los lugares con suelos intermedios.

### **Correlaciones estadísticas entre los patrones florísticos y características del suelo en los 15 sectores de estudio con muestreo de árboles**

Las ordenaciones presentadas en la Figura 7.7 dan una idea visual de la correlación entre los patrones florísticos obtenidos a base de los árboles con los patrones obtenidos con los otros grupos de plantas (Melastomataceae y pteridófitas), y también con los patrones obtenidos con las características de los suelos. Para comprobar esta idea, se han calculado las correlaciones directamente entre las diferentes matrices de similitud. Como se puede ver en la Tabla 7.15, estos análisis dan casi siempre resultados positivos.



Tabla 7.13. Riqueza relativa de especies de 30 familias de árboles en los 15 sectores de estudio. La riqueza relativa está calculada para cada uno de los sectores como porcentaje de especies que pertenecen a la familia en cuestión. Los tres valores más altos para cada familia están en letra negrita. Sólo se incluyen las familias que tenían por lo menos 10 especies de árboles en el presente estudio.

Familia	Tara- poto	Gen- gen	Ex Pet	Mo 2	San Ant	13 Feb	Sta Ana	Nau- ta	Mo 1	Ma- niti	Pan- gua	Mish 1	13 Feb	Mish 3	Mish 2
	arcilla						arena								
Anacardiaceae	0,4	0,5	0,8	0,0	0,7	0,9	1,3	1,2	2,1	0,5	0,4	1,0	1,5	1,5	1,3
Annonaceae	7,5	6,0	8,3	6,7	4,8	6,1	4,7	5,7	4,8	5,1	4,6	5,6	6,8	6,8	5,0
Apocynaceae	1,3	1,4	2,5	1,2	1,8	1,8	0,9	1,6	1,4	1,9	2,5	2,6	3,0	3,0	2,5
Arecaceae	2,2	1,8	2,1	1,8	1,1	2,6	2,6	3,3	1,4	2,8	2,1	1,5	2,3	3,0	0,0
Bombacaceae	1,3	2,3	2,1	0,6	1,1	1,8	1,7	1,6	0,0	1,4	0,4	0,0	1,5	0,8	0,6
Burseraceae	4,4	2,3	3,3	7,9	4,4	5,3	4,7	4,9	9,0	1,9	6,7	7,2	7,5	3,0	2,5
Cecropiaceae	2,2	1,8	1,7	1,8	2,6	1,8	1,3	4,1	2,1	3,3	2,1	2,1	0,8	0,8	0,6
Chrysobalanaceae	0,0	2,8	1,7	1,2	3,0	2,6	6,0	4,5	2,1	4,7	4,6	4,1	3,8	2,3	2,5
Clusiaceae	3,5	1,4	0,8	1,2	2,2	0,9	0,4	3,3	2,8	3,7	2,1	3,6	0,0	3,0	3,1
Combretaceae	0,0	0,0	0,4	0,6	0,0	0,9	0,0	0,4	2,1	0,5	1,7	0,5	0,8	1,5	1,3
Elaeocarpaceae	0,4	1,4	1,3	0,6	1,1	0,0	2,2	2,9	6,9	2,3	3,3	2,1	5,3	3,0	0,6
Euphorbiaceae	3,1	3,2	3,8	3,6	4,4	3,5	3,9	3,3	2,8	3,3	0,8	2,1	8,3	3,8	3,8
Flacourtiaceae	2,6	4,1	3,3	3,6	2,6	2,6	2,2	2,4	1,4	1,4	0,8	0,0	1,5	1,5	1,9
Lauraceae	5,7	5,5	3,3	7,9	4,1	3,5	6,5	3,3	8,3	5,6	7,9	8,7	1,5	9,1	7,5
Lecythidaceae	2,2	1,8	1,7	3,6	3,3	2,6	4,7	4,9	3,4	2,8	2,9	3,1	2,3	0,0	0,0
Leguminosae	9,7	8,3	12,5	9,1	11,1	7,0	10,3	10,6	4,8	9,8	10,5	10,3	15,0	9,1	14,5
Melastomataceae	1,3	2,3	1,3	1,2	0,4	4,4	3,0	2,4	2,1	1,9	5,4	2,6	1,5	1,5	0,6
Meliaceae	5,7	6,4	6,3	4,8	4,8	3,5	3,0	2,0	3,4	4,2	5,0	5,6	1,5	0,8	1,3
Monimiaceae	0,4	1,4	1,7	3,0	2,2	2,6	1,3	1,2	0,7	1,9	0,4	1,0	0,8	1,5	0,0
Moraceae	5,7	6,0	5,4	4,2	7,0	5,3	2,2	5,7	6,2	5,6	2,9	3,6	4,5	5,3	0,6
Myristicaceae	5,7	5,5	4,6	4,8	5,2	10,5	3,9	3,7	8,3	7,5	4,6	7,7	6,0	5,3	2,5
Myrsinaceae	0,4	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	0,8	0,8	2,5
Myrtaceae	2,6	4,6	4,6	3,0	2,6	0,9	4,7	2,0	1,4	3,3	2,1	1,5	1,5	4,5	6,3
Nyctaginaceae	1,8	1,4	2,5	1,8	1,5	2,6	1,3	0,8	0,0	1,4	1,3	0,0	0,8	1,5	2,5
Olaceae	0,9	0,9	0,8	2,4	1,1	1,8	0,0	1,2	0,7	0,9	0,8	1,5	0,8	0,8	1,3
Rubiaceae	4,8	5,0	5,0	5,5	2,6	4,4	4,3	4,5	2,1	2,8	5,0	4,1	2,3	5,3	3,8
Sapindaceae	2,6	0,5	1,7	0,0	2,2	0,0	0,4	0,8	0,7	0,9	0,8	0,5	1,5	2,3	1,9
Sapotaceae	6,6	5,0	3,8	6,1	7,7	7,9	7,8	8,6	4,8	6,5	4,6	7,2	6,0	6,1	14,5
Sterculiaceae	1,8	1,8	2,1	1,8	2,6	1,8	1,3	0,4	1,4	0,9	0,8	1,5	1,5	0,0	0,0
Violaceae	2,2	1,4	1,3	2,4	2,6	1,8	2,2	1,6	1,4	2,3	1,3	1,0	0,0	0,0	0,0

Especialmente, las tres matrices florísticas están fuertemente correlacionadas entre si. La matriz general del suelo (calculada en base a todas las características medidas en los 15 sectores de muestreo) está también claramente correlacionada con las matrices florísticas. De las diferentes características del suelo, son el porcentaje de arena y el contenido de potasio los que correlacionan con los tres grupos florísticos. Además, LOI y aluminio tienen correlaciones elevadas con árboles y pteridófitas. Los cationes extraíbles están correlacionadas más que todo con árboles y Melastomatáceas. La distancia geográfica no tuvo mucho que hacer con la composición florística. Aunque tiene una correlación significativa con las pteridófitas,



esta correlación es negativa y antes que todo es resultado de que algunos de los sectores de muestreo, que tenían características de suelo y flora muy disimilares (por ejemplo 13 de Febrero arena y arcilla), quedaban geográficamente muy cerca entre sí.

**Tabla 7.14.** Abundancia relativa de 30 familias de árboles en los 15 sectores en estudio. La abundancia relativa está calculada para cada uno de los sectores como porcentaje de individuos que pertenecen a la familia en cuestión. Para otros detalles, véase Tabla 7.15.

FAMILIA	Tara- poto	Gen- gen	Ex Pet	Mo 2	San Ant	13 Feb	Sta Ana	Nau- ta	Mo 1	Ma- niti	Pan- gua	Mis h 1	13 Feb	Mis 3	Mis 2
						arcilla							arena		
Anacardiaceae	0,2	0,2	1,0	0,0	0,4	1,3	0,8	0,9	1,3	0,2	0,2	0,6	1,5	0,5	0,2
Annonaceae	4,7	3,5	9,3	5,2	2,6	5,3	3,8	4,9	6,7	4,8	5,3	3,8	7,0	4,4	4,9
Apocynaceae	1,0	0,9	2,0	0,9	1,1	2,0	0,8	1,1	0,7	0,9	1,8	0,9	2,5	5,5	4,7
Arecaceae	3,5	2,8	2,3	1,2	0,9	2,7	2,7	3,4	1,3	5,4	7,3	3,8	2,5	3,4	0,0
Bombacaceae	1,0	1,6	1,5	0,6	1,1	2,0	1,1	1,1	0,0	4,6	0,9	0,0	1,5	1,6	3,0
Burseraceae	3,7	3,9	5,0	7,3	4,2	8,7	4,1	5,8	10,8	1,7	6,4	6,0	10,4	2,3	0,6
Cecropiaceae	1,2	1,6	1,0	1,2	1,5	1,3	1,1	3,4	1,0	2,6	1,4	2,3	1,0	0,2	0,4
Chrysobalanaceae	0,0	2,8	2,5	1,8	2,6	2,0	5,2	3,6	1,7	4,6	4,4	3,0	4,5	7,1	1,6
Clusiaceae	2,2	0,7	0,8	1,2	1,5	0,7	0,3	2,5	1,3	2,0	1,8	3,6	0,0	1,8	3,4
Combretaceae	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,7	0,0	0,2	1,0	0,2	1,4	0,2	0,5	0,5	0,2
Elaeocarpaceae	0,2	0,7	0,8	0,6	0,6	0,0	1,4	2,2	4,4	1,1	2,8	1,3	4,0	1,1	0,1
Euphorbiaceae	3,5	3,5	5,5	3,6	10,0	3,3	10,1	3,8	4,7	10,9	2,1	6,2	11,9	2,5	6,9
Flacourtiaceae	1,5	4,4	2,5	8,5	3,0	3,3	1,6	2,2	0,7	1,3	0,5	0,0	1,0	1,1	1,9
Lauraceae	3,2	4,2	2,8	6,1	2,4	2,7	4,6	1,8	7,4	3,9	6,0	5,1	1,0	4,4	2,4
Lecythidaceae	3,0	4,4	1,8	2,1	4,2	4,0	4,9	6,7	6,1	5,0	6,0	4,1	2,0	0,0	0,0
Leguminosae	9,4	6,9	11,3	8,2	9,0	5,3	9,0	12,8	3,4	8,1	7,8	7,7	13,9	17,5	13,6
Melastomataceae	0,7	1,6	1,0	1,8	0,2	3,3	3,3	2,0	3,0	1,7	4,8	4,1	1,5	0,9	0,1
Meliaceae	7,7	8,8	6,3	4,2	3,0	4,0	2,7	1,6	2,0	3,9	4,6	7,7	1,0	0,7	1,0
Monimiaceae	0,5	3,5	1,0	3,9	2,8	4,7	1,4	2,7	2,4	1,3	0,5	0,4	0,5	0,7	0,0
Moraceae	4,5	3,9	5,8	3,0	6,6	4,0	1,9	5,8	4,4	3,7	2,3	3,0	3,5	2,1	0,2
Myristicaceae	9,7	9,9	5,3	10,3	7,0	10,7	4,9	7,8	13,8	8,3	8,3	13,0	6,5	5,1	3,4
Myrsinaceae	0,2	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,4	0,5	0,2	1,4
Myrtaceae	2,2	2,8	3,0	2,1	1,7	0,7	4,4	1,8	1,0	1,7	1,6	0,6	1,0	3,0	3,5
Nyctaginaceae	1,0	1,8	2,3	3,3	1,3	2,7	1,1	0,7	0,0	2,2	1,4	0,0	0,5	1,1	5,9
Olacaceae	1,0	1,6	1,3	1,5	1,8	2,0	0,0	1,1	0,3	0,9	0,9	1,3	1,0	0,2	0,4
Rubiaceae	6,2	6,2	5,3	4,8	2,4	3,3	3,3	2,9	6,1	1,7	4,8	1,9	2,5	3,0	3,5
Sapindaceae	2,0	0,2	1,8	0,0	1,3	0,0	0,3	1,1	0,3	0,4	0,7	0,6	1,5	1,8	2,9
Sapotaceae	5,2	3,0	3,0	3,6	4,8	6,7	6,3	5,6	3,4	4,4	4,4	5,1	4,0	12,2	14,5
Sterculiaceae	1,7	2,5	1,5	1,2	1,7	1,3	1,4	0,2	1,0	1,1	1,1	1,3	2,0	0,0	0,0
Violaceae	9,7	1,8	2,5	2,4	11,1	2,7	4,9	4,0	3,0	4,1	0,9	5,3	0,0	0,0	0,0

**Tabla 7.15.** Correlaciones entre diferentes matrices de similitud según la prueba de Mantel.

Los análisis se han hecho utilizando los 15 sectores de estudio donde se hicieron inventarios de árboles. En el caso de fósforo, las correlaciones están basadas en 7 (P-Bray) ú 8 (P) sectores, porque los dos diferentes métodos utilizados para medir el fósforo no dan resultados comparables. Para obtener las probabilidades de error (p), se han utilizado 999 permutaciones: \* p <0,05; \*\* p <0,01; \*\*\* p <0,001.

	Árboles	Melastomataceas	Pteridófitas
Melastomataceas	0,61 ***		
Pteridófitas	0,75 ***	0,65 ***	
Ca, K, Mg, Na, Al, pH, LOI, arena	0,56 ***	0,32 **	0,57 ***
Arena	0,38 **	0,19 *	0,44 **
Ca, K, Mg, Na	0,42 ***	0,28 *	0,29
Ca	0,31 *	0,21	0,15
K	0,47 ***	0,31 **	0,36 **
Mg	0,31 *	0,22	0,16
Na	0,23 *	0,21	0,24
Al	0,36 **	0,07	0,47 **
PH	0,21 *	0,18	0,30
LOI	0,47 ***	0,17	0,54 ***
Distancia geográfica	-0,13	-0,00	-0,30 ***
P-Bray	0,24	0,49 *	0,18
P	0,19	0,05	0,63 *

### Ordenaciones y caracterizaciones de los 32 sectores de estudio con inventarios de Melastomataceas y pteridófitas

Las Melastomataceas y pteridófitas se estudiaron no sólo en los 15 sectores de muestreo donde se hicieron los inventarios de árboles, sino también en 17 sectores adicionales. Las tres ordenaciones de estos 32 lugares, obtenidas en base a Melastomataceas, pteridófitas y características del suelo, se presentan en la Figura 7.8. En cada una de las tres ordenaciones se pueden dividir los sectores de muestreo en seis grupos de una manera casi igual. Especialmente las ordenaciones florísticas producen imágenes muy semejantes: en el primer grupo, al extremo izquierdo, se encuentran Palo Seco 1, 7 de Julio, Tarapoto, Gengen, Libertad Agraria km8 y Ex Petroleros. Carbajal km0 y km2 juntos con San Antonio 1 forman el segundo grupo, y cerca de este grupo hay cuatro lugares más: Palo Seco 2, Momón 2, 13 de Febrero arcilla y Santa Ana. El cuarto grupo se sitúa, en ambas ordenaciones, en la parte central superior de la imagen y contiene seis lugares: Carbajal km4, km8, km10 y km12 más Nauta y San Antonio 2.

Las mayores diferencias entre las ordenaciones florísticas se muestran en la parte derecha de la ordenación. En base a las pteridófitas, se pueden distinguir claramente dos grupos. Más cerca de los grupos anteriores están Manít, Panguana 1 y 2, Libertad Agraria km3, Momón 1, Mishana 1 y San Pedro. El último grupo tiene seis lugares: 13 de Febrero arena, San Gerardo, Carbajal km 6, Puerto Almendras, Mishana 2 y Mishana 3. En base a las Melastomataceas se ve una constelación algo

semejante, pero las posiciones de Carbajal km6, Momón 1 y Mishana 3, difieren claramente del patrón de las pteridófitas.

En la ordenación basada en las características del suelo, se ven muchos de los mismos grupos de lugares que ya fueron indicados en las ordenaciones florísticas. Sin embargo, las posiciones relativas de los grupos son un poco diferentes y cuatro lugares (Gengen, Momón 2, Nauta y Palo Seco 2) se encuentran claramente en posiciones diferentes a las que dan las ordenaciones florísticas. Igual como en el caso de los 15 lugares con árboles, también aquí la secuencia de lugares de izquierda a derecha corresponde a disminución de la concentración de cationes y arcilla en el suelo (Tabla 7.11).

Entre las Melastomataceas que se han podido identificar hasta la especie, hay unas 14 especies comunes, las cuales han sido observadas en varios sectores de estudio, pero solamente dentro de uno de los seis grupos de sectores de muestreo definidos anteriormente (Tabla 7.16, Figura 7.8). Como cada grupo tiene características edáficas o geológicas distintas, estas especies con distribución restringida, pueden considerarse como especialistas, y pueden ser utilizadas como indicadoras para ciertas condiciones ecológicas (véase Capítulo 13). En los grupos 1, 4 y 5 ocurren varias especies que son características para un solo grupo y no han sido observadas dentro de los otros grupos. Se nota que no hay especies específicas para los grupos 2 o 3. Algunas especies se han encontrado en todos los grupos desde 1 hasta 3 ó 4 (*Clidemia epiphytica*, *Miconia grandillona*, *Miconia serrulata* y *Ossaea boliviensis*). La única especie que se encuentra frecuentemente en todos los grupos desde el 2 hasta el 6, pero no en el grupo 1, es *Miconia klugii*. Las otras especies que se encuentran en el rango de grupos desde 2 hasta 5 o 6, también se encuentran en el grupo 1 (por ejemplo *Maieta guianensis*, *Miconia prasina*, *Miconia tomentosa* y *Tococa ulei*). Eso significa que estas especies son generalistas que abundan practicablemente en todas partes, y por eso sus distribuciones no tienen valor indicativo en cuanto a las condiciones edáficas.

Hay tres especies de *Miconia* que se han encontrado exclusivamente en los grupos 1 y 3. En la mayoría de los casos, especies compartidas entre estos grupos también ocurren en el grupo 2. Aunque los grupos 2 y 3 comparten varias especies, en términos generales se puede decir que las especies que ocurren en el grupo 2 tienen una tendencia de crecer también en el grupo 1, mientras que las especies comunes en el grupo 3 comúnmente no ocurren en grupos 1 y 2 pero sí en los grupos 4-6 (por ejemplo, *Miconia dolichorrhyncha*, *Miconia rimachii*, *Miconia tetrasperma*, *Miconia traillii* y *Tococa guianensis*).

*Clidemia epibaterium* es la única especie que claramente prefiere los sectores del grupo 6 (Tabla 7.16), pero hay varias especies que crecen en sectores de los grupos 6 y 5 (*Clidemia longifolia*, *Miconia barbinervis* y *Ossaea cucullata*) o además en el grupo 4 (*Adelobotrys marginata*, *Miconia carassana*, *Miconia pterocaulon* y *Ossaea araneifera*).

En las pteridófitas hay unas 23 especies comunes que han sido observadas en más de un sector de estudio, pero solamente dentro de uno de los seis grupos de sectores de muestreo definidos arriba (Tabla 7.17, Figura 7.8). Como cada grupo tiene características edáficas o geológicas distintas, estas especies con distribución restringida pueden ser consideradas como especialistas, y pueden ser utilizadas como indicadoras para ciertas condiciones ecológicas (véase Capítulo 13). Espe-



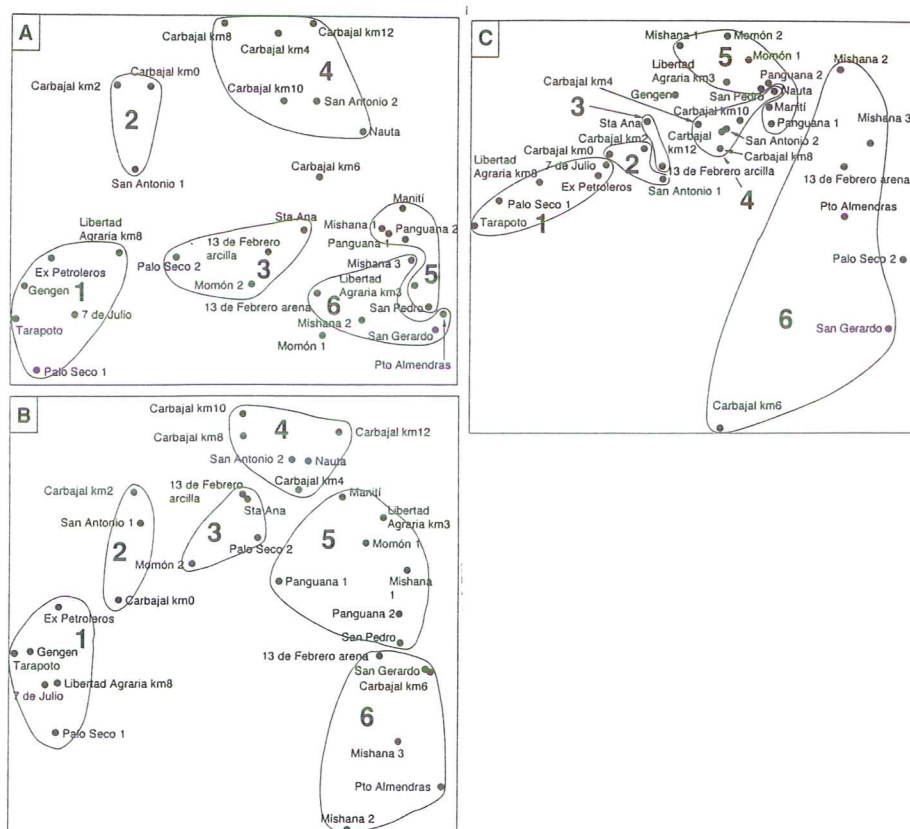
cialmente los grupos 1 y 6 tienen varias especies especialistas que no han sido observadas dentro de lugares de los otros grupos. Se nota que no hay especies específicas para los grupos 2 ó 3. Hay varias especies restringidas a dos grupos de lugares, especialmente los que ocurren tanto en el grupo 1 como en el 2, y otros que ocurren en los grupos 5 y 6 (Tabla 7.17).

**Tabla 7.16.** Especies de Melastomataceae que se han identificadas hasta la especie y que tienen una clara preferencia a uno o dos grupos de sectores de estudio. Los seis círculos representan, de izquierda a derecha, los grupos 1 a 6 (véase Figura 7.8), y más o menos corresponden a la gradiente edáfica desde suelos arcillosos con contenido elevado de cationes a la izquierda hacia suelos arenosos con contenido bajo de cationes a la derecha. Círculos negros significan que las especies mencionadas al costado han sido observadas en la parte respectiva de la gradiente, círculos blancos significan lo contrario.

Grupos preferidos	Especies
	<i>Adelobotrys macrantha</i> , <i>Clidemia heterophylla</i> , <i>Clidemia septuplinervia</i> , <i>Miconia napoana</i> , <i>Triolena amazonica</i>
	<i>Clidemia dimorphica</i> , <i>Miconia aureoides</i> , <i>Leandra longicoma</i> , <i>Tococa caquetana</i>
	<i>Miconia elata</i> , <i>Miconia lamprophylla</i> , <i>Miconia trinervia</i>
	—
	<i>Miconia dispar</i> , <i>Adelobotrys macrophylla</i> , <i>Miconia umbriensis</i>
	—
	<i>Miconia ampla</i>
	<i>Bellucia grossularioides</i> , <i>Clidemia piperifolia</i> , <i>Leandra chaetodon</i> , <i>Miconia crassinervia</i>
	<i>Miconia centrodesma</i> , <i>Miconia egensis</i> , <i>Miconia schunkei</i>
	<i>Miconia duckei</i> , <i>Miconia phanerostila</i> , <i>Miconia rugosa</i> , <i>Miconia tetragona</i>
	<i>Adelobotrys praetexta</i> , <i>Leandra nanayensis</i> , <i>Miconia lepidota</i> , <i>Miconia spichigeri</i> , <i>Tococa caryophyllea</i>
	<i>Miconia myriantha</i> , <i>Miconia barbinervis</i>
	<i>Clidemia epibaterium</i>

En los casos cuando una especie ocurre en tres grupos de lugares, el patrón más común es que ocurren en los grupos 1-3 (siete especies, por ejemplo *Polybotrya crassirhizoma*, *Saccoloma elegans* y *Microgramma fuscopunctata*). Cuatro especies son restringidas a los grupos 4-6 (incluso *Adiantum tomentosum*, *Lindsaea falcata*, *Cyathea bradei*), y tres especies a cada uno de las siguientes combinaciones de grupos: 1,2, y 4; 2, 3 y 4; 3, 5 y 6. Dos especies son restringidas a los grupos 3, 4 y 5, y cuatro especies se han encontrado en alguna otra combinación de tres grupos. De estos patro-

nes se puede apreciar claramente que la mayoría de las especies tiene un patrón de distribución que parece ecológicamente determinado. El contenido promedio de nutrientes en el suelo disminuye del grupo 1 hacia grupo 6, y la mayoría de las especies que ocurren en más de un grupo, han sido encontradas en grupos consecutivos, o sea, en grupos que tienen los suelos más parecidos. No hay ni una especie que ocurre en los dos grupos extremos en cuanto a esta variación edáfica sin ocurrir en todos o casi todos los grupos intermedios.



**Figura 7.8.** Ordenaciones de coordenadas principales de los 32 sectores de estudio basados en características diferentes. A. composición florística de Melastomataceas (índice de Jaccard). B. composición florística de pteridófitas (índice de Jaccard). C. características del suelo (distancia euclidiana utilizando pH, porcentaje de arena, y el contenido de Al, Ca, K, Mg y Na). Los seis grupos de sectores (numerados del 1 al 6) que más o menos reaparecen en todas las ordenaciones han sido separados con criterios visuales.

Hay nueve especies que pueden ser consideradas muy generalistas, ya que ocurren en todos los seis grupos de lugares de estudio (por ejemplo, *Cyathea lasiosora*, *Nephrolepis rivularis*, *Lomariopsis nigropalenta*, *Metaxya rostrata*, *Cyclodium meniscioides*).

des). Además hay 11 especies generalistas que ocurren en todos los grupos de lugares excepto en el grupo 6 (por ejemplo, *Adiantum terminatum*, *Cyathea pungens*, *Lomagramma guianensis*, *Polybotrya osmundacea*, *Salpichlaena volubilis*), y otras cuatro especies que ocurren en todos los grupos excepto el 1 (*Polybotrya pubens*, *Scizaea elegans*, *Selaginella parkeri*, *Lindsaea lancea*).

**Tabla 7.17.** Ejemplos de especies de pteridófitas que solamente han sido observadas dentro de uno o dos grupos de sectores de estudio. Los seis círculos representan, de izquierda a derecha, los grupos 1-6 (véase Figura 7.8), y más o menos corresponden a la gradiente edáfica desde suelos arcillosos con contenido de cationes elevado a la izquierda hacia suelos arenosos con contenido de cationes bajo a la derecha. Los círculos negros significan que las especies mencionadas al costado han sido observadas en la parte respectiva de la gradiente, círculos blancos significan lo contrario.

Grupos preferidos	Especies
	<i>Bolbitis lindigii</i> , <i>Cyathea amazonica</i> , <i>Thelypteris biformata</i> , <i>Thelypteris pennata</i> , <i>Diplazium striatum</i> , <i>Lomariopsis fendleri</i> , <i>Pteris pungens</i> , <i>Cyclodium trianae</i> , <i>Didymochlaena truncatula</i>
	<i>Adiantum pulverulentum</i> , <i>Cyathea cuspidata</i> , <i>Selaginella haematodes</i> , <i>Tectaria antioquoiana</i> , <i>Thelypteris tristis</i>
	<i>Polypodium decumanum</i> , <i>Pteris propinqua</i>
	—
	<i>Trichomanes hostmannianum</i>
	<i>Lomariopsis latipinna</i>
	—
	<i>Lindsaea taeniata</i>
	<i>Selaginella conduplicata</i>
	<i>Cnemidaria ewanii</i>
	<i>Salpichlaena hookeriana</i> , <i>Selaginella palmiformis</i>
	<i>Asplenium hallii</i> , <i>Elaphoglossum styriacum</i> , <i>Lindsaea hemiglossa</i> , <i>Trichomanes accedens</i>
	<i>Trichomanes martiusii</i> , <i>Trichomanes bicorne</i> , <i>Arachniodes macrostegia</i> , <i>Lindsaea tetraptera</i>

### Correlaciones entre los patrones florísticos y características del suelo

Las ordenaciones ya han sugerido que en los 32 sectores de estudio, la correlación entre las Melastomataceas y las pteridófitas es más fuerte que las correlaciones entre la flora y las características de suelo. Los resultados de los análisis de correlación entre las diferentes matrices de similitud confirman esta observación (Tabla



7.18). En general, las pteridófitas corresponden mejor a la variación en el suelo que las Melastomataceas, pero la diferencia no es tan marcada como cuando sólo se tomaban en cuenta los 15 sectores de muestreo donde también se habían muestreado árboles (Tabla 7.15). La variación florística, tanto en pteridófitas como en Melastomataceas, generalmente corresponde a las mismas características del suelo. Variación en la textura (el contenido de arena) y en el contenido de calcio, magnesio y potasio son las características más claramente relacionadas con la variación florística. Fósforo y aluminio corresponden un poco menos a los cambios florísticos, y sodio, pH y LOI tienen muy poca correlación con la flora.

**Tabla 7.18.** Correlaciones entre las diferentes matrices de similitud según la prueba de Mantel. La mayoría de los análisis se han hecho utilizando todos los 32 sectores en estudio donde hay inventarios de Melastomataceas y pteridófitas (compare con los resultados presentados en Tabla 7.15, donde solamente se han tomado en cuenta los 15 sectores con muestreo de árboles). En el caso del fósforo (P-Bray), las correlaciones están basadas en 24 sectores, y en el caso de LOI en 31 sectores, porque no se han analizado estas características en los 32 sectores. Probabilidades de error, ver la Tabla 7.15.

	Melastomataceas	Pteridófitas
Pteridófitas	0,65 ***	
Ca, K, Mg, Na, Al, pH, arena	0,32 ***	0,45 ***
Arena	0,26 ***	0,36 ***
Ca, K, Mg, Na	0,28 ***	0,40 ***
Ca	0,33 ***	0,45 ***
K	0,30 ***	0,36 ***
Mg	0,34 ***	0,38 ***
Na	-0,01	0,05
Al	0,11 *	0,26 **
PH	0,12	0,16
Distancia geográfica	0,16 **	0,04
LOI	0,04	0,16
P-Bray	0,22 **	0,20 **

## CORRELACIONES CON LOS PATRONES EN LA IMAGEN DE SATÉLITE LANDSAT TM

### Arboles

Se podía registrar información digital de reflectancias de luz en 10 de los 15 sectores donde se han hecho inventarios de árboles. En cinco sectores este registro no fue posible debido a la deforestación (Momón 1 y 2), por dificultades en determinar la posición geográfica del lugar (Mishana 3) ó por cobertura de nubes (Panguana 1 y Tarapoto).

Las ordenaciones de los diez lugares basados en árboles y en base a la combinación de las bandas 1-5 y 7 en la imagen de satélite Landsat TM resultan en un pa-

trón muy semejante (Figura 7.9). Prácticamente, es sólo la posición de Mishana 1 la que significativamente difiere entre estas dos ordenaciones. La correlación calculada entre árboles y la misma combinación de bandas da también un valor relativamente alto (Tabla 7.19). Considerando cada una de las bandas separadamente, se ve que las bandas que representan luz infrarroja (bandas 4, 5 y 7), se correlacionan mucho mejor con la variación florística que en las bandas de luz visible (bandas 1, 2 y 3). Consecuentemente, la combinación de las tres bandas de luz infrarroja, resulta en una mejor correlación con la flora que la correlación obtenida en base a la combinación de las bandas de luz visible.

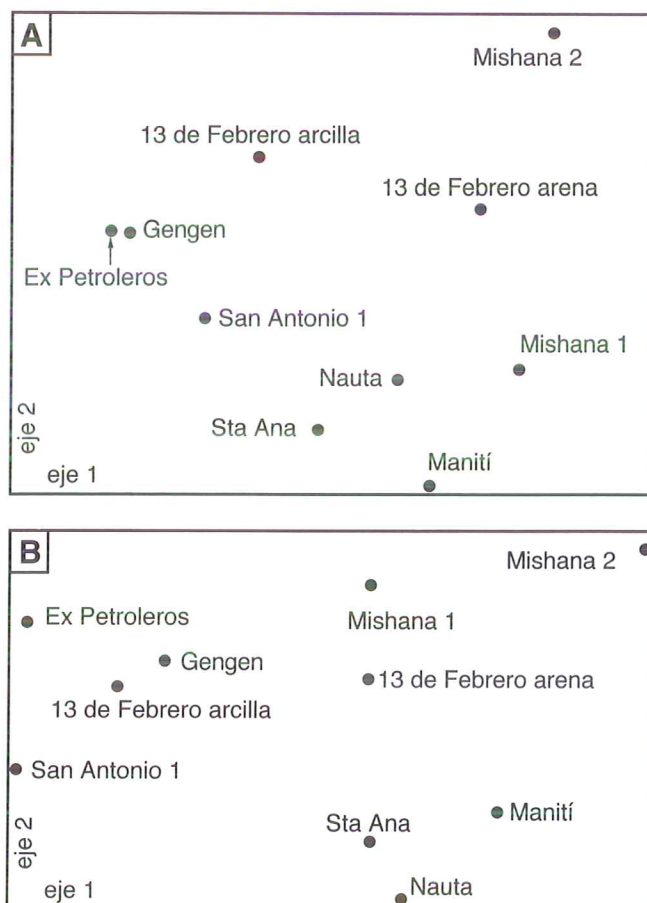


Figura 7.9. Las ordenaciones de coordenadas principales de los 10 sectores con muestreo de árboles donde también se han podido registrar las reflectancias de luz en una imagen de satélite Landsat TM. A. Ordenaciones basadas en composición florística de árboles (índice de Jaccard). B. combinación de las bandas 1-5 y 7 de Landsat TM (distancia euclidiana).

**Tabla 7.19.** Correlaciones entre diferentes matrices de similitud según la prueba de Mantel.

Las matrices de similitud han sido calculadas basadas en las reflectancias de luz en diferentes bandas de una imagen de satélite Landsat TM, y en base a la composición florística de árboles en los 10 sectores en estudio. Probabilidades de error, ver la Tabla 7.15.

BANDAS DEL LANDSAT TM	Árboles
Bandas 1-5, 7	0,57 **
Bandas 1,2,3	0,22
Bandas 4,5,7	0,55 **
Banda 1	0,10
Banda 2	0,28
Banda 3	0,21
Banda 4	0,43 **
Banda 5	0,59 **
Banda 7	0,44 **

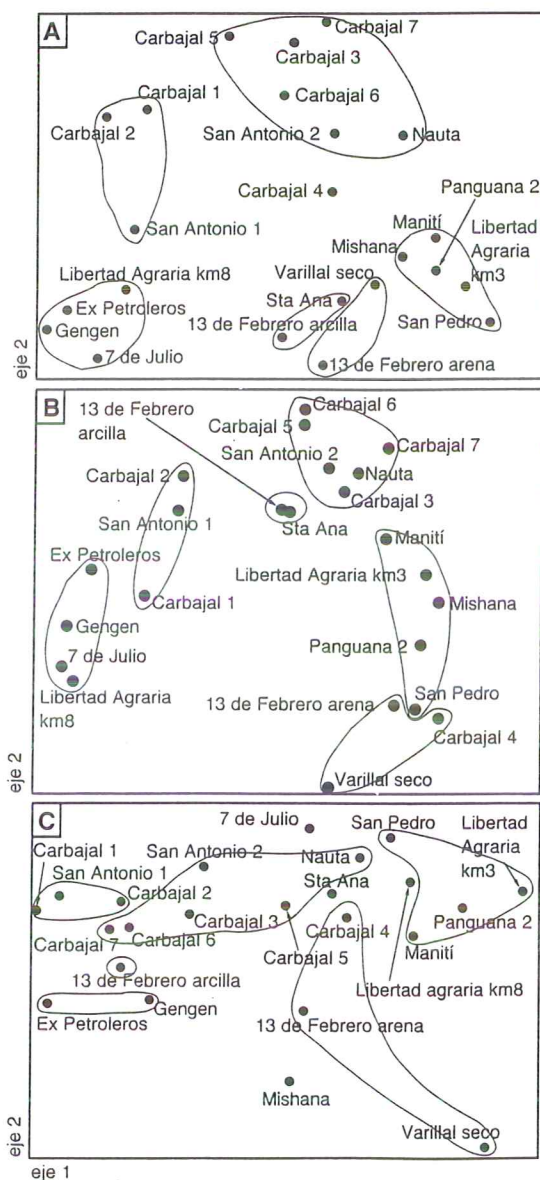
### Melastomatáceas y pteridófitas

Se podía registrar información digital de reflectancias de luz en 23 de los 32 sectores donde se han hecho los inventarios de Melastomatáceas y pteridófitas. En nueve sectores este registro no fue posible por cobertura de nubes, problemas en la localización geográfica del sector estudiado, o por deforestación.

Las ordenaciones basadas en la composición florística de Melastomatáceas (Figura 7.10A) y pteridófitas (Figura 7.10B) son muy semejantes a las ordenaciones en las Figuras 7.8A y 7.8B, respectivamente, y se pueden distinguir los mismos grupos de sectores de estudio. Esto es lógico ya que los datos utilizados para conseguir las ordenaciones son casi los mismos: la diferencia es que en la Figura 7.8 se han utilizado los 32 sectores de muestreo, mientras que en la Figura 7.10 fue necesario omitir los 9 sectores de muestreo donde no fue posible obtener valores de reflectancia en la imagen de satélite. La gradiente edáfica corresponde más o menos al orden de los grupos de la izquierda, donde se encuentran los sectores con suelos arcillosos (por ejemplo Gengen y Ex Petroleros), hacia los grupos de sectores con suelos intermedios (por ejemplo San Antonio 2 y Nauta) hasta el grupo de sectores con suelos arenosos (Mishana 2). Sólo en el caso de las Melastomatáceas, tres sectores de muestreo (Santa Ana, 13 de Febrero arcilla y Carbajal km6) adoptan posiciones que no corresponden muy bien a esta gradiente.

En la ordenación de los 23 sectores en estudio en base a las reflectancias de luz en la imagen de satélite (Figura 7.10C), se puede reconocer en términos generales el mismo arreglo, aunque hay excepciones notables. Las discrepancias más obvias son las posiciones de 7 de Julio y Libertad Agraria km8. Según sus características florísticas, estos dos sectores pertenecen a la parte extrema izquierda de la ordenación juntos con Ex Petroleros y Gengen, pero en base a las reflectancias resultan relativamente intermedios y semejantes a por ejemplo Nauta, Santa Ana y Carbajal km6.





**Figura 7.10.** Ordenaciones de coordenadas principales basadas en diferentes características de los 23 sectores con muestreo de Melastomataceas y Pteridófitas donde también se han podido registrar las reflectancias de luz en una imagen de satélite Landsat TM. A. Composición florística de Melastomataceas (índice de Jaccard). B. Composición florística de Pteridófitas (índice de Jaccard). C. Combinación de las bandas 1-5 y 7 de Landsat TM (distancia euclidiana).

Este resultado se debe a que la parte oriental de la imagen Landsat TM tiene una tonalidad generalmente más oscura que la parte occidental, y se puede observar que todos los sectores en estudio que están geográficamente situados al este del río Amazonas se dibujan en la Figura 7.10C en el extremo superior derecho. Si se comparan sólo estos sectores de estudio entre sí, el patrón obtenido por las reflectancias corresponde más o menos al patrón florístico, aunque la posición de Libertad Agraria km8 es diferente. También, si se comparan entre sí sólo los sectores de estudio situados al lado occidental del río Amazonas, las ordenaciones florísticas y de reflectancia de luz sí corresponden. La división de la región por el río Amazonas en la imagen de satélite es algo permanente, ya que es visible en imágenes tomadas en diferentes años y por diferentes satélites. Sin embargo, queda sin explicación, porque no hay diferencias florísticas o edáficas aparentes que correspondan a esta diferencia en reflectancia.

Las correlaciones calculadas entre las matrices de similitud basadas en la composición florística de Melastomataceas o Pteridófitas y a las reflectancias de luz, resultan casi siempre en correlaciones positivas y estadísticamente significativas (Tabla 7.20). En el caso de las Melastomataceas, los valores de correlación son generalmente mayores que los valores obtenidos con Pteridófitas, pero especialmente en las bandas de luz infrarroja no llegan a ser tan altos como los valores obtenidos en el caso de los árboles (Tabla 7.19). En general, los árboles presentan las correlaciones más altas con las bandas de luz infrarroja, mientras que las Melastomataceas y Pteridófitas están más correlacionadas con las bandas de luz visible.

**Tabla 7.20.** Correlaciones entre diferentes matrices de similitud según la prueba de Mantel.

Las matrices de similitud han sido calculadas basadas en la reflectancias de luz en diferentes bandas de una imagen de satélite Landsat TM, y en base a la composición florística de Melastomataceas o Pteridófitas en los 23 sectores de estudio. Probabilidades de error, ver la Tabla 7.15.

BANDAS DE LANDSAT TM UTILIZADAS PARA CALCULAR LA MATRIZ	Melastomataceas	Pteridófitas
Bandas 1-5, 7	0,42 ***	0,32 **
Bandas 1,2,3	0,40 ***	0,36 *
Bandas 4,5,7	0,31 ***	0,21 *
Banda 1	0,35 ***	0,29 *
Banda 2	0,38 ***	0,37 *
Banda 3	0,31 **	0,29 *
Banda 4	0,29 **	0,21 **
Banda 5	0,29 ***	0,12 *
Banda 7	0,23 **	0,07

## DISCUSIÓN

### RIQUEZA DE ESPECIES

El número de especies de árboles encontrado en este estudio (1416 especies en 6253 individuos), presenta un valor muy alto en comparación con otros registros sobre la riqueza local o regional de especies vegetales en las selvas bajas neotropicales. La diversidad observada es comparable con los resultados de inventarios locales de árboles en parcelas de 1 ó 0,1 hectáreas, los cuales han demostrado que la Amazonía occidental tiene comunidades muy ricas en especies de árboles, tal vez las más ricas del mundo (Gentry 1988, Valencia *et al.* 1994). También la cantidad de especies reportada en este estudio está en línea con las cifras elevadas reportados en dos florulas de la zona de Iquitos (Spichiger *et al.* 1996, Vásquez 1997), los cuales contienen unas 2740 especies.

En una escala regional, es más difícil comparar la diversidad de especies entre regiones, ya que no existe una forma de muestreo estandarizada, como en la escala local, donde las parcelas son de 1-0,1 ha. Uno tiene que utilizar florulas y listados de especies que tratan áreas de diferentes tamaños y están basadas en intensidades diferentes de estudio. Además tales registros son escasos. Sin embargo, se puede concluir que las selvas de la Amazonía occidental son muy ricas en especies también a una escala regional. Por ejemplo, la zona de Iquitos aparece mucho más rica en especies que las selvas mesoamericanas. Toda la flora de la Isla de Barro Colorado (16 km<sup>2</sup>) en Panamá tiene 1320 especies de plantas, y la flora de la Estación Biológica La Selva (15,1 km<sup>2</sup>) en Costa Rica incluye 1668 especies de plantas vasculares (Gentry 1990). De estas especies, probablemente no más de la mitad representan árboles de un tamaño similar al que se estudió en el presente trabajo.

Igualmente, los registros de la costa ecuatoriana y de la Amazonía central y sudoccidental citan números de especies mucho más bajos que los presentados en la zona de Iquitos. La flora de río Palenque (17 km<sup>2</sup>), en la costa del Ecuador, incluye 1033 especies; la Reserva Ducke (100 km<sup>2</sup>) cerca de Manaus en Brasil, cita 825 especies, y de Cocha Cashu en Madre de Dios se conocen 1856 especies. Estas cifras incluyen todas las plantas (Gentry & Dodson 1987, Gentry 1990), y por eso las cifras de especies para árboles son mucho menores que en la zona de Iquitos. En estas comparaciones es importante notar que las áreas mesoamericanas son muy bien estudiadas, y por eso no se espera un mayor aumento en el número de especies, mientras que las otras floras son casi seguramente muy incompletas (Gentry 1990).

Dentro de la Amazonía occidental es difícil a decir algo sobre los patrones geográficos en la riqueza de especies. En toda la Amazonía ecuatoriana (aproximadamente 71 000 km<sup>2</sup>, hasta la altura de 600 m sobre el nivel del mar) se ha registrado la presencia de unas 3100 especies (Renner *et al.* 1990), y en toda la Amazonía peruana (aproximadamente 550 000 km<sup>2</sup> hasta la altura de 500 m sobre el nivel del mar) se han observado ca. 7000 especies (Braco & Zarucchi 1993). Es muy probable que en ambas áreas se van a encontrar todavía muchas especies más.



Es notable que las cifras citadas arriba se refieren a todas las plantas y a superficies mucho más grandes que las 2,25 ha (0,0225 km<sup>2</sup>) inventariadas en el presente estudio, donde se encontraron 1416 especies de árboles. En comparación con las otras cifras, esto realmente parece un número elevado. ¿Será posible que un área tan pequeña de la Selva amazónica del Perú, donde sólo se contaron árboles, pueda contener casi un 50 % del número de especies de plantas de toda la Amazonía ecuatoriana que representa una superficie de más de 3 millones de veces mayor? Probablemente la explicación a esta discrepancia está en la falta de colecciones y trabajo del campo en Ecuador. Además, hay que tomar en cuenta que las 3100 especies de Ecuador incluyen sólo plantas identificadas hasta la especie, no colecciones botánicas que no se han podido identificar. En cambio, nuestro estudio incluye casi 740 especies que son identificadas como morfoespecies pero no han podido referirse a un nombre específico. Este factor ha elevado el número de especies del presente estudio en relación a lo referido en la Amazonía ecuatoriana.

Otros estudios cuantitativos, en escalas comparables a nuestros inventarios en la zona de Iquitos, han producido números de especies comparables. Un inventario en la zona del río Caquetá, Colombia, que incluyó 95 parcelas de 0,1 ha, donde se registraron todos los árboles mayores de 10 cm DAP, llegó a un total de 1077 especies con 7223 individuos (Duivenvoorden 1994, Duivenvoorden & Lips 1995). La riqueza de especies parece un poco menor que en la zona de Iquitos, pero eso puede ser un efecto del tamaño diferente utilizado en la definición de un árbol, ya que en otro estudio, Duivenvoorden (1994) ha demostrado que la mayor riqueza de especies se encuentra en los árboles menores de 10 cm DAP.

En la riqueza de especies, nuestros sectores de estudio presentaron valores más o menos semejantes entre sí, con la excepción de los sectores en arena blanca los que tuvieron claramente menos especies que los otros sectores. Esta observación está en línea con los resultados anteriores (Anderson 1981, Clinebell *et al.* 1995, Duivenvoorden 1994) que también han demostrado que las zonas de arena blanca en la Amazonía contienen menos especies que los bosques en otros sustratos.

Hay varias alternativas para explicar la baja diversidad en arena blanca. Se puede pensar que arena blanca es un sustrato tan extremo que la misma existencia del bosque ya está en su límite, y por eso no hay tantas especies que hayan podido adaptarse a estas condiciones. También se ha sugerido (Connell & Lowman 1989) que en sustratos como arena blanca donde los nutrientes son escasos, los árboles que forman en sus raíces un cierto tipo de simbiosis con hongos (ectomicorriza) ganan en competencia a otros árboles. Esto puede resultar en que los árboles sin ectomicorriza casi desaparecen de la comunidad arbórea, y consecuentemente el número total de especies disminuye. Además es posible que el número de especies especializadas a un cierto tipo de sustrato depende de la superficie total disponible del sustrato. Si es así, el bajo número de especies en arenas blancas puede simplemente ser el resultado de que las arenas blancas cubren áreas relativamente pequeñas, y no hay tanto espacio para la sobrevivencia de especies de árboles especializados como en otros tipos de suelo (MacArthur & Wilson 1967).

Lamentablemente es casi imposible tratar de evaluar cuál o cuáles de las alternativas explican mejor el tema. La primera alternativa, con seguridad explica por lo menos una parte de la incógnita. Es muy evidente que en la zona de Iquitos, en ca-

los extremos de pobreza de nutrientes o de drenaje impedido, la arena blanca ya no puede soportar una vegetación de bosque, sino una vegetación baja de arbustos (Encarnación 1985, Ruokolainen & Tuomisto 1993). Sobre la segunda hipótesis de los ectomicorrizas es muy difícil decir algo, porque de ninguna especie de árbol, ni en arena blanca ni en otros sustratos, se sabe que tipo de simbiosis posiblemente tienen con hongos. La tercera explicación puede ser aplicable, porque claramente las áreas de arena blanca son restringidas y no cubren superficies grandes. Por otra parte, hay que reconocer también que el conocimiento sobre la misma existencia, y aún menos sobre las extensiones de otros tipos de bosque que pueden ser ecológicamente relevantes, es todavía incipiente.

## **VARIACIÓN EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y SU CONEXIÓN CON LA VARIACIÓN AMBIENTAL**

La variación en la composición de especies en los tres grupos de plantas estudiados en el presente estudio — árboles, Melastomataceas y Pteridófitas — está correlacionada con la variación en las características de los suelos. Esto significa que, por ejemplo, si la flora indica que dos lugares son semejantes entre sí pero un tercer lugar es diferente, entonces es bien probable que el suelo va a tener la misma tendencia de semejanzas y diferencias entre estos tres lugares. Hay que notar que la correlación no es al cien por ciento perfecta, lo que significa que a veces hay discrepancias en las formas como la flora y los suelos producen el patrón de semejanzas y diferencias entre los lugares. Sin embargo, es interesante que los tres grupos de plantas parecen estar más fuertemente correlacionadas con las mismas características del suelo: el contenido de arena y las concentraciones de calcio, magnesio y potasio.

La correlación entre la flora y los cationes es relativamente fácil de entender, porque estos son componentes importantes en el funcionamiento fisiológico de las plantas. Es interesante notar que el cuarto catión, sodio, no tuvo mucha participación con la variación florística, pero también su significado fisiológico para las plantas es menor que la de los otros cationes. Puede ser que la correlación observada entre la flora y el contenido de arena no es nada más que una manifestación de la misma influencia de los cationes, porque el contenido de arena está correlacionado en el área de estudio con la concentración de los cationes. Arena pura no tiene nutrientes disponibles para las plantas; los nutrientes en el suelo se encuentran mayormente en la fracción arcillosa. El contenido de arena es también una característica relacionada con el drenaje del suelo, porque la arena no tiene capacidad de retener mucha agua. Por lo tanto, después de las lluvias los suelos arenosos son más rápidamente drenados que los suelos arcillosos y consecuentemente son, generalmente, sustratos más secos.

El fósforo, aunque es un nutriente importante para las plantas, no tuvo una conexión muy fuerte con la variación florística. En principio esta observación puede significar que en los sectores estudiados no hay mucha competencia por fósforo, que las plantas tienen satisfecha su demanda, o que no hay muchas diferencias entre las especies en las capacidades de extraer fósforo del suelo. La falta de competencia no parece muy probable, porque la concentración de fósforo es muy baja en



todos los sectores. Tal vez, se puede pensar que esta concentración es tan mínima, que en términos prácticos tiene un significado casi nulo para cualquier especie. De esta manera podría ser que en efecto no hay muchas diferencias entre las especies. O tal vez que las plantas se abastecen de fósforo con métodos que no son directamente dependientes de las concentraciones en el suelo mineral: utilizan el fósforo que se libera en la mineralización de material orgánico, quizás con la ayuda de micorrizas. En relación con el fósforo, y con las concentraciones de otros elementos también, es que los análisis químicos que se hace no necesariamente miden las concentraciones de una manera perfecta para entender cuanto de ese recurso se encuentra realmente disponible para las plantas en el suelo. En los análisis de laboratorio la extracción de los elementos de las muestras del suelo está basado en reacciones químicas que casi seguramente no son las mismas que ocurren cuando una planta está extrayendo elementos del suelo.

Las correlaciones entre pH y la flora, y entre LOI y la flora, resultaron relativamente débiles. Con los árboles existió una correlación estadísticamente significativa, pero con las Melastomataceas y Pteridófitas no. Sin duda, el pH es una característica del suelo con mucha importancia para las plantas ya que afecta la disponibilidad de nutrientes, pero es posible que entre los sectores de estudio en el presente caso no había suficientemente variación para que las plantas hubiesen podido responder al pH en maneras detectables. El LOI se midió para obtener una idea de la cantidad de material orgánico, que es una característica importante en la estructura del suelo y en el bienestar de la microfauna y microflora (véase Capítulo 5), tanto como en su capacidad de retención de nutrientes y agua. Pero es posible que en el presente muestreo faltaba variación suficiente en LOI para producir correlaciones significativas con la flora. También hay que notar que LOI no es una medida exacta del contenido de material orgánico, porque durante la calefacción de la muestra no sólo sale carbón, sino también agua del cristal.

El aluminio extractable, en concentraciones grandes, es tóxico para muchas especies de plantas. En climas húmedos tropicales es común que los suelos contengan bastante aluminio, y por eso se podría pensar que durante su evolución la flora natural de este ambiente habría desarrollado resistencia a las concentraciones elevadas. El resultado de este estudio determina que hay una correlación, aunque no muy fuerte, entre aluminio y la variación florística, lo que sugiere que el efecto tóxico de aluminio es relevante para la flora natural. Por otra parte, la concentración de aluminio se correlaciona bien con el pH, porque el aluminio es uno de los factores que determinan el pH. Por eso es prácticamente imposible diferenciar los posibles efectos de estas dos características.

## **EFFECTO DE LA DISTANCIA GEOGRÁFICA EN LAS SIMILITUDES FLORÍSTICAS**

Es importante notar que la distancia geográfica entre los sectores de estudio no tuvo mucha importancia en la composición florística. Es relevante pensar en el posible efecto de la distancia geográfica, porque los lugares geográficamente más cercanos entre sí deberían ser los más semejantes en su composición de especies, en el caso que no hubieran diferencias significativas en el suelo o en otras características



físico-químicas en el medio ambiente. En tal situación, los patrones florísticos reflejarían mayormente la historia de la dispersión de las semillas o esporas y/o la historia de enfermedades, herbivoría, uso anterior por humanos, u otros disturbios bióticos o físicos en el bosque. Las bajas correlaciones entre las matrices florísticas y geográficas indican que la historia no ha tenido una importancia decisiva para determinar la composición de especies, o por lo menos es menor que la importancia de algunas de las características ambientales.

El énfasis en el papel de la historia llega a su extremo en la hipótesis que, en efecto, no es posible predecir la composición florística en un lugar en base a sus características ambientales (Hubbell & Foster 1986, Condit 1996). Según esta hipótesis, unas especies desaparecen y otras aparecen según las casualidades de la historia, sin control del medio ambiente.

La correlación relativamente alta que se observó en las distribuciones de especies entre los diferentes grupos de plantas en el presente estudio está demostrando que tiene que existir uno o más factores comunes que explican estos patrones semejantes. Es difícil creer que alguna enfermedad u otro factor biótico habría podido crear este patrón, ya que las plantas observadas pertenecen a grupos filogenéticamente lejanos. Tal vez, los patrones pueden explicarse con la recuperación de la flora después de un disturbio físico de gran escala, como un huracán muy grande, o un cambio fuerte en el clima (Prance 1982). Disturbios de este tipo pueden crear un patrón en la flora que se correlacione con la distancia geográfica. También algún tipo de barrera para la distribución libre, como una cadena de montañas o un cuerpo grande de agua, podría crear tales patrones. Pero la falta o bajo grado de correlación entre la flora y la distancia geográfica observada hace que este tipo de explicaciones sean muy improbables. Además, el río Amazonas con su planicie de inundación, es la única formación geográfica en la zona que podría actuar como barrera para la distribución de semillas, pero es muy fácil ver en las ordenaciones florísticas que las similitudes florísticas entre los sectores de estudio no dependen de su localización en el mismo lado del río o en el opuesto.

Con todo esto no queremos decir que el conocimiento de la historia no sea potencialmente importante para entender la variación en la composición de especies entre diferentes lugares. Por ejemplo, en nuestro estudio es probable que los sectores Momón 1 y Momón 2 hayan sido afectados más que los otros sectores por tumba selectiva de madera, cosecha de productos no-maderables y otras actividades humanas. Además, hay que hacer notar que la falta de correlación entre las matrices de similitud florística y de distancia geográfica sólo excluye efectos que presentan una gradiente geográficamente continua. Factores históricos que aparecen esporádicamente en manchas separadas, por ejemplo la sucesión del bosque iniciado en claros creados por caídas de árboles o después de abandono de chacras aisladas, no pueden ser detectados con este análisis. Aunque en la selección de las parcelas para el muestreo de los árboles se trataba de evitar claros recientes para disminuir los efectos de sucesión en los resultados, es posible que las parcelas mostraban en realidad diferentes fases de sucesión más tardía.

## EFFECTO DE GEOLOGÍA EN LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Si se piensa en la historia a una escala mayor, como en términos de procesos geológicos, se ve que en efecto la historia puede explicar bastante sobre las diferencias y semejanzas físicas y químicas en los suelos (véase Capítulos 4 y 12 para una discusión más detallada). Según su historia geológica, los sedimentos superficiales pueden haber tenido originalmente composiciones físicas y químicas muy variables. Al pasar el tiempo, los procesos de formación de suelos (véase Capítulo 5) pueden modificar bastante a las características de los sedimentos, pero muy a menudo sobreviven rastros de su origen, los cuales son importantes para la vegetación.

Por ejemplo, nuestros 32 sectores de estudio pueden clasificarse en seis grupos según la composición de especies de pteridófitas o Melastomataceas, y esta clasificación es relativamente fácil de explicar en términos geológicos. Los sectores en el grupo 1 (véase Figura 7.8), con las más altas concentraciones de cationes y con textura arcillosa de los suelos, representan áreas donde los sedimentos más superficiales han sido depositados en un ambiente semimarino durante el Mioceno tardío (Formación de Pebas, Capítulos 4 y 12). Los sectores en el grupo 2 (Carbajal km0 y km2, San Antonio 1) están caracterizados por sedimentos depositados en un ambiente parecido al anterior, pero con menos influencia marina (Unidad B). Los sectores del grupo 4 (San Antonio 2, Nauta, Carbajal km4, km8, km10 y km12) se encuentran en áreas cubiertas por sedimentos aún más jóvenes, pero todavía con algunos rastros de mareas (Unidad C). El grupo 5 (Manití, Mishana 1, Momón 1, Panguana 1 y 2, Libertad Agraria km3, San Pedro) incluye todos los sectores situados en terrazas relativamente recientes de diferentes ríos. El grupo 6 incluye todos los sectores con sedimentos arenosos que han sido reciclados varias veces por los ríos.

El único grupo de sectores que no tiene una correspondencia simple a la geología es el grupo 3. De los sectores pertenecientes a este grupo, Momón 2 tiene sedimentos que mineralógicamente parecen tener clara influencia marina, pero la concentración de cationes es más baja de lo que se esperaría en este tipo de sedimentos (Tabla 12.2 en el Capítulo 12). Una posible explicación para esta discrepancia, es que este sector puede haber sido cultivado algún tiempo atrás, lo cual puede haber agotado las reservas de nutrientes en los suelos. También Santa Ana y 13 de Febrero arcilla presentan características mineralógicas que indican influencia marina, pero tal vez un poco menos que en el caso de Momón 2. Además, 13 de Febrero arcilla queda contiguo a un área con suelos arenosos, y por eso es posible que allí se encuentren especies que en realidad no prefieren ese tipo de suelo, pero crecen allí simplemente porque hay flujo abundante de sus propágulos desde las áreas de arena. Tal efecto de la dispersión hace naturalmente más difícil la detección de una posible relación entre flora, suelo y geología. El último sector de este grupo, Palo Seco 2, no ha sido analizado mineralógicamente. Tiene suelos relativamente arenosos y pobres en nutrientes, y en verdad representa una mancha arenosa rodeada por áreas con suelos arcillosos que mayormente están bajo cultivo. Por eso, puede ser que también en este sector haya influencia de dispersión de algunas especies desde un área edáficamente diferente, lo cual resulta en una situación difícil de explicar en la ordenación.



## COMPARACIÓN DE LOS PATRONES FLORÍSTICOS ENTRE LOS DIFERENTES GRUPOS DE PLANTAS

Tanto las ordenaciones como los análisis de correlación indican claramente que árboles, Melastomataceas y Pteridófitas dan una imagen bien semejante de las relaciones florísticas entre diferentes sectores de estudio. Especialmente la correlación entre árboles y Pteridófitas es muy fuerte. Los patrones florísticos según Melastomataceas defieren algo más de los patrones basados en los otros dos grupos de plantas. En comparación con los árboles, los datos de las Melastomataceas colocan a los sectores Momón 1 y Momón 2 de manera un poco distinta, lo cual puede ser relacionado con la pequeña superficie muestreada, y con los disturbios humanos en estos sectores. Entre pteridófitas y Melastomataceas, son solamente los sectores con suelos pobres y arenosos que salen diferentes en las ordenaciones. Esto casi puede explicarse, por la cantidad menor de Melastomataceas especializadas en crecer en arena blanca, prácticamente sólo *Clidemia epibaterium*. Consecuentemente, en tales lugares la mayoría de las pocas especies de Melastomataceas que se encuentran son generalistas, pudiendo crecer en lugares ecológicamente muy diferentes. Por lo tanto, las Melastomataceas no sirven tan bien como las Pteridófitas para diferenciar entre tipos florísticos del bosque en los suelos más pobres.

A pesar de algunas diferencias, las semejanzas en los patrones florísticos entre los tres grupos de plantas son tan fuertes que es bien posible utilizar cualquiera de los grupos como un indicador del comportamiento de los otros. Estos tres grupos de plantas no incluyen toda la flora, pero en todo caso hasta más de la mitad de las especies (Gentry 1990, Duivenvoorden 1994, Vásquez 1997, Balslev *et al.* en prensa), y por eso es justificable sugerir que las Melastomataceas y/o Pteridófitas pueden ser utilizadas para indicar patrones generales para toda la flora. Las posibilidades y restricciones en el uso de estas plantas como indicadoras de diferentes tipos de bosque está tratado con más detalle en el Capítulo 13.

## RELACIÓN ENTRE IMÁGENES DE SATÉLITE Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

La buena correlación entre los diferentes grupos de plantas es sin duda la mayor razón para explicar la correlación que se observa entre las Melastomataceas y Pteridófitas por un lado, y los patrones de reflectancia de luz medidos por el satélite Landsat TM por el otro. Obviamente el satélite no puede detectar directamente estas plantas, ya que crecen mayormente en el sotobosque y no llegan hasta el dosel. La variación en los valores de reflectancia es más que todo causada por diferencias en la estructura y coloración de copas, ramas y hojas de los árboles, y tal vez por la actividad fotosintética. Estas características estructurales y funcionales corresponden a diferencias en la composición de especies de árboles, lo cual por su parte tiene una correlación con las diferencias en la composición de especies de Melastomataceas y Pteridófitas. De esta manera, la conexión entre las imágenes de satélite y los patrones florísticos en Melastomataceas y Pteridófitas es indirecta. Por eso, se



puede considerar esta conexión como una indicación de un nivel relativamente alto de organización predecible en la vegetación.

Aunque existe una correlación entre la variación florística y los patrones de reflectancia de luz de la imagen de satélite, parece que en esta correlación hay diferencias regionales dentro del área de estudio. Una discrepancia notable entre los patrones florísticos y los de la imagen de satélite es que la imagen de satélite hace una diferencia entre los dos lados del río Amazonas, pero la flora no lo hace. Sin embargo, dentro de cada una de las regiones separadas por el río, la correlación entre la flora y los patrones de la imagen de satélite parece relativamente buena. Este resultado sugiere que las imágenes de satélite pueden utilizarse efectivamente para reconocer y cartografiar aproximadamente los diferentes tipos de bosque, pero que en las imágenes de satélite posiblemente existen algunos patrones regionales o de gran escala que no son directamente transferibles a la flora. Una explicación tentativa es que el lado oriental del río Amazonas realmente tiene suelos generalmente más pobres que el lado occidental, y que los sectores 7 de Julio y Libertad Agraria km8 representan manchas muy pequeñas de suelos bien arcillosos y con concentraciones relativamente altas de cationes. Para los análisis de correlación, las reflectancias de luz fueron medidas en una superficie más grande que la del muestreo botánico, y por lo tanto es posible que cuando se calcularon los promedios de valores de reflectancia, se incluyeron varios pixels que en la realidad representan áreas florística y edáficamente diferentes. Es obvio que se necesitan todavía más estudios para aclarar la conexión entre los tipos de bosque y las imágenes de satélite (Tuomisto *et al.* 1995).

## CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES

Aquí cabe mencionar que el concepto 'tipo de bosque' es una abstracción humana con el fin de describir y entender la variación en la composición florística y de sus determinantes ambientales, aunque estas variaciones en realidad pueden ser continuas. A veces es posible observar áreas grandes aparentemente homogéneas, que son limitadas por zonas donde las características florísticas y ambientales cambian rápidamente en distancias cortas. En tales casos tiene mucho sentido hablar de tipos diferentes de bosque. Pero muchas veces los cambios pasan gradualmente y sin límites obvios, de manera tal que los tipos definidos no son más que unas secciones de una gradiente continua, y se encuentran fácilmente lugares que son intermedios entre los tipos definidos y por lo tanto difíciles de clasificar. Una de las tareas para los futuros estudios es justamente investigar hasta que punto las variaciones en la flora y en el medio ambiente son graduales, y hasta que punto es útil tratar de clasificar la variación entre los extremos.

El número de tipos de bosque que uno puede diferenciar a lo largo de la gradiente florística depende mucho de la decisión subjetiva del investigador, y del número de lugares inventariados. Por ejemplo, los 15 sectores del presente estudio donde se hicieron inventario de árboles, justifican el agrupamiento en cuatro grupos, o sea, el reconocimiento de cuatro tipos de bosque. Pero cuando se consideran los 32 sectores donde había muestreo de Melastomataceas y Pteridófitas, parecería más apto identificar seis tipos diferentes, aunque los extremos de la gradiente ob-

servada fueran los mismos. Generalmente, cuando el estudio incluye más lugares, pueden distinguirse diferencias más finas a lo largo de la gradiente. Pero el aumento de observaciones también hace posible estimar si en la variación de la flora y del medio ambiente hay discontinuidades que pueden justificar la definición de tipos de bosque.

## CONCLUSIONES

Las investigaciones realizadas indican que la flora en los bosques de tierra firme en la zona de Iquitos está compuesta hasta cierto punto de una manera predecible, ya que las distribuciones de la mayoría de las especies de plantas reflejan los mismos factores ambientales e históricos. Entre los factores edáficos más importantes están la textura de los suelos y sus contenidos de calcio, magnesio y potasio; los patrones florísticos tanto de los árboles como de las Melastomataceas y Pteridófitas están correlacionados con estos factores. La variación de los suelos está relacionada con la historia geológica, de la cual depende los tipos de sedimentos que existen en cada lugar, y la magnitud del cambio ocasionado por procesos de temperización y formación de suelos.

Las notables diferencias florísticas, identificadas entre los bosques en diferentes sitios, sugieren que para el manejo y la utilización sostenibles de los recursos biológicos es importante y urgente el reconocimiento y el mapeo de tales diferencias. Sólo de esta manera se puede garantizar que cada sitio sea manejado de acuerdo a sus características naturales, ya sea para fines agropecuarios, forestales o de conservación. La altísima riqueza de especies de plantas en los bosques de tierra firme de la zona de Iquitos es un recurso valioso, pero también difícil de cuantificar por las dificultades en identificar las especies. Por esta razón, no es factible basar el mapeo de los tipos diferentes de bosque en toda la flora. Los resultados del presente estudio sugieren que las Melastomataceas y pteridófitas pueden servir como indicadoras de patrones florísticos más generales en la zona, y tal vez también en otras partes de los bosques húmedos de la Amazonía.

También los patrones visibles de imágenes de satélite Landsat TM pueden indicar diferencias y semejanzas entre la vegetación de diferentes lugares, y pueden ser utilizadas para la identificación y el mapeo de los tipos diferentes de bosque. Esto es sugerido por la correlación observada entre la variación geográfica en las reflectancias de luz en la imagen de satélite por un lado, y en las composiciones florísticas de los árboles, las Melastomataceas y las Pteridófitas por el otro lado. Cabe mencionar, sin embargo, que falta todavía precisar más esta posibilidad, y en todo caso los estudios basados en imágenes de satélite siempre deben ser acompañados por verificación en el campo para evitar interpretaciones erróneas.

Este estudio demuestra que es posible hacer mapeos para los fines de mejor manejo y conservación de bosques amazónicos utilizando imágenes de satélite junto con inventarios de campo basados en el uso de helechos y Melastomataceas como indicadoras de variación ambiental.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración muy valiosa de todas las personas que nos acompañaron y apoyaron en el trabajo de campo, especialmente a Abel Sarmiento, Richer Ríos, Alberto Torres, Mildred García, Antonio Layche, Juan Ruíz, Melchor Aguilar, Simón Cortegano, Guillermo Criollo, Nestor Jaramillo, Gustavo Torres, César Bardales, Lizardo Fachín, Illich Arista, Isabel Oré, Jaana Vormisto, Elina Lusa, Hannele Koivunen, Juha Järvinen, Vesa Koivunen y Tomas Roslin. También agradecemos a las comunidades y personas que nos facilitaron el trabajo en Mishana, Tarapoto, Gengen, Libertad Agraria, San Antonio, Carbajal, 13 de Febrero, Santa Ana, Nauta (km 9.5 km de la carretera), Panguana 2a zona y San Pedro. Las Facultades de Ingeniería Forestal y de Biología de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) nos apoyaron de múltiples formas en el trabajo de campo y de gabinete. El Museo de Suelos de la UNAP nos facilitó una oficina. El Herbario Amazónico de la UNAP, el herbario de la Universidad de Turku y Rodolfo Vásquez nos prestaron apoyo logístico en el procesamiento de las muestras botánicas. José Torres nos ayudó de múltiples maneras. Muchos especialistas contribuyeron a las identificaciones de las muestras botánicas, especialmente Henrik Balslev, Cornelis C. Berg, Douglas C. Daly, Alwyn H. Gentry, Karl U. Kramer, Ron Liesner, Paul Maas, John T. Mickel, John Mitchell, Robbin C. Moran, Scott A. Mori, Terry Pennington, Susanne S. Renner, Alan R. Smith, Charlotte Taylor, Rodolfo Vásquez, Henk van der Werff y John Wurdack. El Instituto Nacional de Recursos Naturales nos proporcionó los permisos necesarios para coleccionar y exportar muestras botánicas.



## APÉNDICE 7.1. ESPECIES DE ÁRBOLES

Un listado de las especies de árboles (plantas leñosas mayores de 2,5 cm del diámetro a la altura de 1,35 m y erguidas sin soporte adicional) y sus frecuencias encontradas en los inventarios de 15 lugares en la zona de Iquitos. La secuencia de los lugares de Tarapoto a Mishana 2 sigue, aproximadamente el orden de disminución de la concentración de cationes y crecimiento del porcentaje de arena en el suelo. Las especies del listado se presentan en orden alfabético por familia. En la segunda columna se incluye el número de la colección de K. Ruokolainen *et al.* que representa la especie.

Los lugares son Tarapoto (Tara), Gengen (Geng), Ex Petroleros (Ex P), Momón 2 (Mo 2), San Antonio 1 (Anto), 13 de Febrero arcilla (13 F arc), Nauta (Naut), Momón 1 (Mo 1), Maniti (Mani), Panguana 1 (Pang), Mishana 1 (Mi 1), 13 de Febrero arena (13 F aren), Mishana 3 (Mi 3) y Mishana 2 (Mi 2).

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
<b>Anacardiaceae</b>																
<i>Astronium cf. graveolens</i> Jacq.	4045	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astronium leicontei</i> Ducke	528	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Astronium</i> sp.1	1510	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	898	1	0	2	0	1	2	0	0	0	1	0	2	2	0	0
<i>Tapirira retusa</i> Ducke	1929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tapirira</i> sp.1	9159	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thyrsodium</i> sp.1 Benth.	2571	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Anacardiaceae</i> sp.1	383	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Anacardiaceae</i> sp.2	2970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Anacardiaceae</i> sp.3	4053	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Anacardiaceae</i> sp.4	9063	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anacardiaceae</i> sp.5	2969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Anacardiaceae</i> sp.6	6083	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Anacardiaceae</i> sp.7	7431	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Annonaceae</b>																
<i>Anaxagorea brachycarpa</i> R. & P.	6743	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0
<i>Anaxagorea brevipes</i> Benth.	1958	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	5
<i>Anaxagorea phaeocarpa</i> Mart.	3283	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anaxagorea</i> sp.1	7050	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Annona duckei</i> Diels	4828	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Annona</i> sp.1	1001	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	3
<i>Annona</i> sp.2	8235	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Annona</i> sp.3	3486	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Bocageopsis mattogrossensis</i> (R.E. Fr.) R.E. Fries	1166	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	5	0
<i>Crematosperma cauliflorum</i> R.E. Fries	756	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0
<i>Cymbopetalum aequale</i> N.A. Murray	647	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbopetalum sanchezii</i> N.A. Murray	679	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diclinanona tessmannii</i> Diels	953	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	5	3	1	3	15
<i>Duguetia cauliflora</i> R.E. Fries	1393	2	0	3	0	0	2	0	3	0	0	3	0	0	1	7
<i>Duguetia flagellaris</i> Huber	4389	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Duguetia latifolia</i> R.E. Fries	467	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0
<i>Duguetia macrophylla</i> R.E. Fries	3491	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Duguetia quitarensis</i> Benth. in Hook.	3481	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Duguetia</i> sp.1	9460	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephedranthus guianensis</i> R.E. Fries	277	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 Farci	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pung	Mi 1	13 Faren	Mi 3	Mi 2
Froesiodendron amazonicum R.E. Fries	1174	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0
Fusaea cf. longifolia (Aubl.) Safford	3136	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guatteria decurrens R.E. Fries	666	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
Guatteria cf. elata R.E. Fries	1085	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0
Guatteria longicuspis R.E. Fries	4946	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Guatteria megalophylla Diels	334	0	0	1	3	0	0	2	3	3	4	0	2	0	3	3
Guatteria multivenia Diels	631	0	0	2	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Guatteria olivacea R.E. Fries	3141	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Guatteria schomburgkiana Mart. s.l.	536	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0
Guatteria sp.1	6226	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Guatteria sp.2	8985	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Guatteria sp.8	1311	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Oxandra espiptana (Spruce ex Benth.) Baill.	3281	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oxandra macrophylla R.E. Fries	635	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oxandra xylopioides Diels	711	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pseudoxandra sp.1	4568	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Rollinia sp.1	2675	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rollinia sp.2	7089	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rollinia sp.3	7515	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rollinia sp.4	4038	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
Rollinia sp.5	6701	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ruizodendron ovale (R. & P.) R.E. Fries	9477	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tetrameranthus pachycarpus Westra	1548	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Trigyna sp.1	2133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Unonopsis floribunda Diels	4978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
Unonopsis grandis (Benth.) R.E. Fries	1400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Unonopsis spectabilis Diels	569	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unonopsis stipitata Diels	330	0	0	5	2	1	0	3	3	8	1	6	4	1	0	0
Unonopsis sp.1	8584	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unonopsis sp.2	7506	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unonopsis sp.3	7386	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Xylopia benthamii R.E. Fries	2217	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Xylopia cuspidata Diels	2081	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
Xylopia parviflora Spruce	911	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0
Xylopia sp.1	5067	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Xylopia sp.2	7312	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xylopia sp.3	4078	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Xylopia sp.4	6899	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xylopia sp.5	6796	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Xylopia sp.6	7451	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.1	9053	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.2	9780	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.3	9784	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.4	9106	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.5	7341	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.6	6756	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Annonaceae sp.7	9582	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.8	7489	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.9	6860	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Annonaceae sp.10	7406	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.11	7378	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Antio	13 F arcí	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F arcen	Mi 3	Mi 2
Annonaceae sp.12	7083	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.13	8463	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.14	9550	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.15	9208	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.16	9445	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.17	8551	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.18	8475	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.19	8310	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.20	8330	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.21	9473	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.22	9506	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Annonaceae sp.23	8980	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Apocynaceae</b>																
Aspidosperma desmanthum Benth. ex Muell.Arg.	4361	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	10
Aspidosperma exelsum Benth.	2187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	11
Aspidosperma rigidum Rusby	4320	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0
Aspidosperma schultesii Woodson	1852	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Aspidosperma cf. spruceanum Benth. ex Benoist	1208	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0
Aspidosperma sp.1	3445	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aspidosperma sp.2	7512	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aspidosperma sp.3	6718	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Aspidosperma sp.4	6753	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Aspidosperma sp.5	5944	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Aspidosperma sp.6	7355	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Couma macrocarpa Barbosa Rodrigues	1491	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
Himatanthus succuba (Spruce) Woods.	705	2	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lacmellea cf. floribunda (Poepp.) Benth.	945	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
Lacmellea cf. klugii Monach.	1530	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	15	0
Macoubea guianensis Aubl.	1319	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Macoubea cf. sprucei (M.Arg.) Mgrf.	1216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	13	0	0
Malouetia quadrecasum Woodson	741	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rauvolfia sprucei Muell.Arg. in Mart.	316	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
Tabernaemontana flavicans Willd. ex Roem. & Schult.	4917	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Tabernaemontana heterophylla Vahl	3270	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Tabernaemontana macrocalyx Muell.Arg.	2564	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Tabernaemontana sp.1	8589	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apocynaceae sp.1	9008	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Apocynaceae sp.2	7066	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apocynaceae sp.3	7048	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Apocynaceae sp.4	6242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Apocynaceae sp.5	8272	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Aquifoliaceae</b>																
Ilex sp.1	1632	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>Araliaceae</b>																
Dendropanax macropodus (Harms) Harms	561	1	2	0	3	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
Dendropanax umbellatus (R. & P.) Dcne. & Planch.	2967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	2	0
Schefflera morototoni (Aubl.) Mag., Steyerl. & Frod.	1288	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Araliaceae sp.1	8542	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Arecaceae</b>																
Astrocaryum chambira Burret	8494	2	3	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Astrocaryum murumuru Mart.	5461	1	0	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0



## Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arcí	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F arcen	Mi 3	Mi 2
<b>Capparidaceae</b>																
Capparis schunkei Macbr.	5028	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Capparis sola Macbr.	4697	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Capparis sp.1	8426	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capparidaceae sp.3	4983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
<b>Caryocaraceae</b>																
Anthodiscus sp.1	6074	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Caryocar glabrum (Aubl.) Pers.	384	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<b>Cecropiaceae</b>																
Cecropia distachya Hub.	4329	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0
Cecropia ficifolia (Warb.) Snethlage	3409	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cecropia membranacea Trécul	1010	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
Cecropia sciadophylla Mart.	3513	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coussapoa trinervia Spruce ex Mildbr.	8481	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coussapoa sp.1	8606	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coussapoa sp.2	9754	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pourouma bicolor Mart.	358	1	2	0	0	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Pourouma cecropiifolia Mart.	687	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Pourouma cucura Standley & Cuatrecasas	4393	1	0	1	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0
Pourouma cuspidata Warb. ex Ule in Engl.	2706	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pourouma cf. ferruginea Standley	4027	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Pourouma guianensis Aubl.	894	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	0	0	0
Pourouma melinonii Benoist	4395	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Pourouma minor Benoist	502	1	3	1	2	1	1	1	0	1	2	2	1	0	0	0
Pourouma myrmecophila Ducke	4050	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Pourouma ovata Trécul	1542	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	3
Pourouma phaeotricha Mildbr.	5072	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pourouma tomentosa Miq.	390	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	4	2	1	0
Pourouma sp.1	9133	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pourouma sp.2	7448	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pourouma sp.3	4325	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<b>Celastraceae</b>																
Celastraceae sp.1	9012	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Chrysobalanaceae</b>																
Couepia bernardii Prance	891	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0
Couepia dolichopoda Prance	323	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Couepia guianensis Aubl.	345	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Couepia obovata Ducke	5005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Couepia parillo DC.	1651	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Couepia racemosa Benth.	6935	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Couepia williamsii Macbr.	1277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	6
Couepia sp.1	5943	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
Couepia sp.2	9115	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Couepia sp.3	8500	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Couepia sp.4	4894	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Hirtella eriandra Benth.	4097	0	0	0	0	0	0	2	1	0	4	1	0	0	0	0
Hirtella cf. guainiae Spr. ex Hook.	1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
Hirtella hispidula Miq.	4676	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Hirtella racemosa Lam.	557	0	6	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hirtella sp.1	8419	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hirtella sp.2	9100	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Hirtella sp.4	9170	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hirtella triandra Sw.	3482	0	1	0	0	0	0	2	0	0	3	1	0	0	0	0
Licania blackii Prance	4062	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania egleri Spruce ex Hooker	5579	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania guianensis (Aubl.) Griseb.	3147	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Licania harlingii Prance	929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Licania heteromorpha Benth.	487	0	0	0	0	2	0	0	0	3	3	3	6	4	0	2
Licania hypoleuca Benth.	1314	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Licania intrapetiolaris Spr. ex. Hook.f.	1350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	1
Licania lata Macbr.	1485	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0
Licania cf. macrocarpa Cuatr.	677	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania micrantha Miq.	4083	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
Licania oblongifolia Standl.	1000	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
Licania sp.1	9048	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania sp.3	809	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	12	0
Licania sp.4	9215	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania sp.5	4073	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania sp.6	9235	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania sp.7	9158	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania sp.8	9230	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania sp.9	6802	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Licania sp.10	4052	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Licania sp.11	4054	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania sp.12	7300	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania sp.13	8592	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Licania sp.14	5986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Licania sp.15	6944	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parinari sp.1	4033	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Chrysobalanaceae sp.1	6561	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Chrysobalanaceae sp.2	6318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Chrysobalanaceae sp.3	5042	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Chrysobalanaceae sp.4	7375	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chrysobalanaceae sp.5	8479	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chrysobalanaceae sp.6	3128	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Clusiaceae</b>																
Calophyllum brasiliense Camb.	1356	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4	0
Caraipa tereticaulis Tul.	1465	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Garcinia macrophylla C. Mart.	928	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
Garcinia madruno (Kunth) Hammel	4082	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Garcinia sp.1	5035	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Garcinia sp.2	6562	2	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Garcinia sp.3	9594	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Garcinia sp.4	8424	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haplocalthra paniculata (Mart.) Benth.	1544	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	0
Lorostemon colombianum Maguire	4025	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lorostemon sp.1	4096	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Tovomita cf. calophyllophylla Hammel	1385	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11
Tovomita cf. krukovi A.C. Smith	1042	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Tovomita cf. laurina Pl. & Tr.	2503	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Tovomita cf. umbellata Benth.	1648	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	4	0
Tovomita sp.2	422	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	6	0	0	0	0

## Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arcí	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Tovomita sp.3	1096	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
Tovomita sp.5	1625	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Tovomita sp.6	567	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Tovomita sp.7	4840	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Vismia cf. sprucei Sprague	1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Vismia cf. tomentosa R. & P.	1075	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Vismia sp.1	4263	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Vismia sp.2	3420	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vismia sp.3	5047	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Vismia sp.4	3333	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vismia sp.5	5031	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0
Vismia sp.6	7427	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clusiaceae sp.1	5921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Clusiaceae sp.10	4565	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Clusiaceae sp.19	4675	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Clusiaceae sp.2	6279	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Clusiaceae sp.22	4517	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Clusiaceae sp.23	4912	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Clusiaceae sp.24	4858	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Clusiaceae sp.3	9721	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clusiaceae sp.4	4679	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Clusiaceae sp.5	9545	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clusiaceae sp.6	8324	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clusiaceae sp.7	8493	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Combretaceae</b>																
Buchenavia congesta Ducke	5479	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Buchenavia macrophylla Spruce ex Eichl.	380	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Buchenavia cf. pallidovirens Cuatr.	369	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Buchenavia parvifolia Ducke	1536	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Buchenavia seriocarpa Ducke	697	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0
Buchenavia sp.2	4354	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Buchenavia sp.4	6323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Buchenavia sp.5	7433	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buchenavia sp.6	6374	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Terminalia amazonica (J.F. Gmel) Exell	457	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0
<b>Connaraceae</b>																
Connarus fasciculatus (DC.) Planch.	513	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Rourea amazonica (DC.) Planch.	286	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Dichapetalaceae</b>																
Dichapetalum sp.1	6200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Tapura amazonica P. & E.	289	0	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Tapura juliana Macbr.	309	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Tapura juruana (Ule) Rizzini	753	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ebenaceae</b>																
Diospyros cf. tessmannii Mildbr.	1541	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Diospyros sp.1	1483	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Diospyros sp.2	3419	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diospyros sp.4	8486	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diospyros sp.5	6359	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Diospyros sp.6	8989	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lissocarpa stenophylla Steyerem.	1389	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	13



Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arcj	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 Faren	Mi 3	Mi 2
<b>Elaeocarpaceae</b>																
<i>Sloanea brachypetala</i> Ducke	4218	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea brevipes</i> Benth.	4377	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
<i>Sloanea durissima</i> Spruce ex Benth.	4390	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea gladysiae</i> Vásquez	3131	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> cf. <i>gracilis</i> Uittien	1304	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Sloanea</i> cf. <i>guianensis</i> (Aubl.) Benth.	1815	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Sloanea latifolia</i> (Rich.) Schum.	5590	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Sloanea laxiflora</i> Spr. ex Benth.	2988	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Sloanea meianthera</i> Donn.Smithii	305	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea multiflora</i> Karst.	2532	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea pubescens</i> (P. & E.) Benth.	495	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
<i>Sloanea rufa</i> Planch. ex Benth.	6304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sloanea sinemarensis</i> Aubl.	5094	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0
<i>Sloanea spatulata</i> C.E. Smith	314	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea tuerckheimii</i> C.E. Smith	283	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	4	1	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.3	1287	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.4	351	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.6	498	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.7	4064	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.8	2983	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Sloanea</i> sp.11	5014	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.12	3465	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.13	8986	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.14	9204	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.15	287	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.16	8491	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.17	1404	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	1	1	2	0	0
<i>Sloanea</i> sp.18	374	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.19	9732	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.20	8477	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.21	6098	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.22	7313	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.23	6854	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.24	2538	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.25	6716	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Sloanea</i> sp.26	6080	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Erythroxylaceae</b>																
<i>Erythroxylum macrophyllum</i> Cav.	841	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Erythroxylum</i> sp.1	7403	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Euphorbiaceae</b>																
<i>Acalypha cuneata</i> Poeppig	3324	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alchornea triplinervia</i> (Sprengel) Muell.Arg.	4383	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aparisthium cordatum</i> (A. Juss.) Baill.	2183	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
<i>Caryodendron orinocoense</i> Karst.	3173	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Conceveiba martiana</i> Baill.	950	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	1	0	0	0
<i>Conceveiba rhytidocarpa</i> Muell.Arg.	744	0	6	1	2	6	1	2	1	0	2	0	1	0	0	0
<i>Conceveiba</i> sp.1	8415	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Croton palanostigma</i> Kl.	8309	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Croton tessmannii</i> Mansfeld	3441	4	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Croton</i> sp.2	9173	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex p	Mo 2	Anto	13 F arci	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Bactris cf. acanthocarpoides Barb. Rodr.	4260	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Bactris cf. bifida Mart.	4924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Bactris sp.1	650	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bactris sp.4	833	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Bactris sp.5	9085	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Euterpe catinga Wallace	2989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
Euterpe precatoria Mart.	1006	0	0	1	0	0	0	0	0	4	3	1	0	1	0	0
Geonoma juruana Damm.	2674	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geonoma sp.1	2708	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Geonoma sp.2	5998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
Hyospathe elegans Mart.	8994	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Iriartea deltoidea R. & P.	7428	4	3	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Iriartella setigera (Mart.) Wendl.	4737	0	0	0	0	0	0	1	0	0	14	0	0	0	0	0
Itaya amicum H.E. Moore	7413	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lepidocaryum tessmannii Prance	5462	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0
Mauritia flexuosa L.f.	1358	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Oenocarpus bataua Mart.	368	0	0	0	0	0	1	0	4	1	6	4	18	1	6	0
Oenocarpus cf. mapora Karst.	4867	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Pholidostachys synanthera (Mart.) Moore	4548	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Phytelephas macrocarpa R. & P.	4385	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Socratea exorrhiza (Mart.) Wendl.	320	5	1	1	0	0	2	2	3	0	0	0	2	0	0	0
Wettinia cf. augusta P. & E.	4357	0	0	0	0	3	0	0	2	0	7	0	0	0	0	0
Wettinia maynensis Spruce	4304	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Bignoniaceae</b>																
Bignoniaceae sp.1 (L.) Tr.	7415	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Jacaranda macrocarpa Bur. & K. Schum.	920	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	1	9	
Jacaranda obtusifolia Humb. & Bonpl.	3382	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Jacaranda sp.1	8544	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Jacaranda sp.2	9497	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Memora cladotricha Sandw.	3114	7	2	2	0	0	0	2	0	0	2	3	0	2	0	0
Tabebuia chrysantha (Jacq.) Nichols	3414	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tabebuia obscura (Bur. & Schum.) Sandw.	1773	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Bixaceae</b>																
Bixa cf. urucurana Willd.	3266	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Bombacaceae</b>																
Eriotheca macrophylla (Ducke) Robyns	3522	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eriotheca sp.2	3467	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Matisia bracteolosa Ducke	3174	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
Matisia intricata (Robyns & Nilsson) Alverson	4221	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Matisia malacocalyx (Robyns & Nilsson) Alverson	580	0	2	1	2	0	0	1	0	9	0	0	0	0	0	0
Quararibea sp.1	7370	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quararibea sp.2	3312	0	1	2	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quararibea sp.3	9451	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quararibea sp.4	6565	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quararibea sp.5	4356	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Quararibea sp.6	5188	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quararibea sp.7	5922	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4	0	1	0	0
Rhodognaphalopsis brevipes Robyns	1524	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	24
Scleronema praecox Ducke	4854	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
Bombacaceae sp.1	6813	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Bombacaceae sp.2	9561	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arcí	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
<b>Boraginaceae</b>																
Cordia cf. mexicana I.M. Johnston	3516	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cordia nodosa Lam.	638	2	3	2	2	5	3	0	1	1	0	2	2	0	1	0
Cordia toqueve Aubl.	1408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Cordia trachyphylla Mart.	6246	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Cordia ucayaliensis Johnst.	817	0	0	0	0	2	0	4	0	0	1	0	1	0	0	0
Cordia ulei Johnston	3411	0	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Cordia sp.1	9164	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Burseraceae</b>																
Crepidospermum prancei Daly	9082	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	1
Crepidospermum rhoifolium (Benth.) Tr. & Pl.	3461	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Dacryodes chimantensis Steyer. & Maguire	8611	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	2	3	0	0	0
Dacryodes cuspidata (Cuatr.) Daly	300	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Dacryodes cf. peruviana (Loes.) Macbr.	8543	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Dacryodes cf. roraimensis Cuatr.	4557	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Dacryodes sp.1	2122	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	0	0
Dacryodes sp.2	5939	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0
Dacryodes sp.3	6338	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Protium altsonii Sandw.	698	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protium amazonicum (Cuatr.) Daly	866	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5	8	5	0	0
Protium apiculatum Swart	276	1	0	0	2	5	0	0	10	12	4	1	3	0	0	0
Protium aracouchini (Aubl.) Marchand	2900	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	0
Protium divaricatum Engl.	517	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0
Protium ferrugineum (Engl.) Engl.	1563	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1
Protium gallosium Daly	5197	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Protium grandifolium Engl.	438	0	0	0	0	2	0	1	2	2	1	4	2	2	1	0
Protium guianense (Aubl.) Marchand	5996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Protium hebetatum Daly	624	0	0	1	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Protium klugii Macbr.	386	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	3	2	0	1	0
Protium nitidifolium (Cuatr.) Daly	921	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0
Protium nodulosum Swart	338	1	7	4	1	5	3	2	2	2	0	0	0	0	1	0
Protium opacum Swart	348	2	2	2	2	1	5	1	1	4	0	2	0	0	0	0
Protium pallidum Cuatr.	6596	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protium paniculatum Engl.	440	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	2
Protium rhynchophyllum Rusby	9767	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protium sagotianum Marchand	9001	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Protium cf. rubrum Cuatr.	938	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0
Protium strumosum Daly	8538	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protium subserratum (Engl.) Engl.	634	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protium cf. spruceanum (Benth.) Engl.	290	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0
Protium tenuifolium (Engl.) Engl.	322	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Protium trifoliolatum Engl.	737	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Protium unifoliolatum Engl.	9817	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protium sp.1	8328	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protium sp.2	6765	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Protium sp.3	483	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Tetragastris panamensis (Engl.) O.K.	574	3	6	8	3	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0
Trattinickia aspera (Standl.) Swart.	1067	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Trattinickia glaziovii Swart	2119	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	2	0	0
Trattinickia peruviana Loesener	4071	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	2	0	0
Burseraceae sp.1	1062	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0



Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anio	13 F arcí	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Drypetes amazonica Macbr.	9544	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbia elata Brandegee	3427	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gavarretia terminalis Baill.	1681	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	2
Glycydendron amazonicum Ducke	4324	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Hevea guianensis Aubl.	377	0	0	4	1	0	0	0	0	1	1	0	0	3	2	0
Hyeronima oblonga (Tul.) M.Arg.	970	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
Mabea cf. pulcherrima Muell.Arg.	416	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
Mabea cf. speciosa M.Arg.	795	0	0	0	0	2	0	7	7	0	4	7	25	0	1	0
Mabea standleyi Steyererm.	775	0	3	1	1	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0
Mabea subsessilis Pax & Hoffman	1501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8
Mabea sp.1	448	0	0	0	0	0	0	13	0	5	11	0	0	0	0	0
Mabea sp.2	2655	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Mabea sp.3	593	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mabea sp.4	8316	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micrandra elata (Diedr.) Muell.Arg.	1504	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
Micrandra spruceana (Baill.) R.E. Schultes	1412	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	1
Nealchornea yapurensis Huber	628	4	2	10	5	1	1	1	1	0	3	0	0	2	0	0
Pausandra trianae (M.Arg.) Baill.	301	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	9
Sapium marmieri Hub.	7479	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapium utile Preuss	8391	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Senefeldera inclinata M.Arg.	1430	0	0	0	0	7	0	2	0	0	13	0	0	3	3	0
Senefeldera macrophylla Ducke	4677	0	0	0	0	12	2	0	0	0	16	0	0	7	0	0
Senefeldera sp.1	6563	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Euphorbiaceae sp.1	8949	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae sp.2	9847	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae sp.3	8284	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae sp.4	9726	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae sp.5	9815	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae sp.6	9013	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae sp.7	6861	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Euphorbiaceae sp.8	7563	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Euphorbiaceae sp.9	7472	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Flacourtiaceae</b>																
Banara nitida Spruce ex Benth.	3507	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carpotroche longifolia (P. & E.) Benth.	612	1	5	1	11	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Casearia javitensis H.B.K.	550	0	2	1	4	2	0	2	0	1	0	0	0	0	2	4
Casearia pitumba Sleum.	1403	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	1
Casearia sylvestris Sw.	3389	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia ulmifolia Vahl ex Ventenat	3405	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia sp.1	699	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia sp.2	6947	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia sp.3	6728	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Casearia sp.4	9226	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia sp.5	4308	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Casearia sp.6	9454	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia sp.7	9722	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia sp.8	8322	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia sp.9	9094	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia sp.10	7547	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia sp.11	7518	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Casearia sp.12	7474	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex. P	Mo 2	Anto	13 F arcí	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Casearia sp.13	6911	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laetia corymbulosa Spruce	4959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Laetia ovalifolia Macbr.	3132	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Laetia procera (P. & E.) Eichl.	773	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lindackeria paludosa Benth.	572	0	2	0	8	4	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Neoptychocarpus killipii (Monach.) Buchheim	5002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Neosprucea sp.1	9484	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ryania speciosa Vahl.	477	0	1	0	0	4	0	0	3	1	0	1	0	0	0	10
Ryania sp.1	6763	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tetrathylacium macrophyllum P. & E.	665	1	3	2	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Hippocrateaceae</b>																
Cheiloclinium cognatum (Miers) A.C. Smith	4992	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cheiloclinium sp.1	8609	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hylenaea praecelsa (Miers) A.C. Smith	333	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Salacia gigantea Loesen.	3425	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Salacia macrantha A.C. Smith	472	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<b>Humiriaceae</b>																
Humirastrum cuspidatum (Benth.) Cuatr.	1274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Saccoglottis amazonica Mart.	3296	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saccoglottis guianensis Benth.	1297	0	0	0	0	0	1	4	1	0	0	1	2	0	0	2
Saccoglottis sp.1	688	0	1	0	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Saccoglottis sp.2	8967	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Vantanea sp.1	522	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
<b>Icacinaceae</b>																
Dendrobania boliviana Rusby	6757	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
Dendrobania multinervia Ducke	5463	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Discophora guianensis Miers	1167	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	5
Emmotum acuminatum (Benth.) Miers	1503	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	3
Poraqueiba sp.1	9481	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poraqueiba sp.2	9551	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Lacistemataceae</b>																
Lacistema aggregatum (Berg) Rusby	4276	0	0	5	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0
Lacistema macbridei Baehni	3138	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lacistema nana Macbr.	1043	0	0	1	0	1	0	0	3	0	0	0	1	1	0	0
Lacistema sp.1	9087	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
Lacistema sp.2	2575	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<b>Lauraceae</b>																
Anaueria brasiliensis Kosterm.	469	0	0	0	4	1	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0
Aniba megaphylla Mez	439	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
Aniba rosaeodora Ducke	1361	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Aniba sp.1	6048	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Caryodaphnopsis fosteri v.d. Werff	5460	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Endlicheria citriodora v.d. Werff	1381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Endlicheria formosa A.C. Smith	559	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Endlicheria gracilis Kosterm.	611	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Endlicheria mishuyacensis A.C. Smith	1108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Endlicheria sericea Nees	5112	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Endlicheria sprucei (Meissn.) Mez	880	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Endlicheria tessmannii O.C. Schmidt	332	0	2	0	0	0	0	1	0	1	3	0	0	0	0	0
Endlicheria verticillata Mez	750	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Licaria aurea (Huber) Kosterm.	1172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

## Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex. P	Mo 2	Anto	13 F arcí	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Licaria brasiliensis (Nees) Kosterm.	1451	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Licaria canella (Meissn.) Kosterm.	281	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
Licaria sp.1	1227	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Mezilaurus opaca Kubitzki & v.d. Werff	626	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Nectandra cissiflora Nees	1077	0	0	3	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0
Nectandra coeloclada Rohwer	3395	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Nectandra cf. globosa (Aubl.) Mez	1153	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ocotea aciphylla (Nees) Mez	408	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	4	5	0	0	1
Ocotea argyrophylla Ducke	670	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Ocotea bofo H.B.K.	410	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ocotea cernua (Nees) Mez s.l.	748	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ocotea costulata (Nees) Mez	1715	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Ocotea gracilis (Meissn.) Mez	331	0	0	0	2	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0
Ocotea leucoxydon (Sw.) de Laness	1766	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2
Ocotea myriantha (Meissn.) Mez	1312	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	3	0
Ocotea oblonga (Meissn.) Mez	302	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ocotea olivacea A.C. Smith	2148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ocotea teleiandra (Meissn.) Mez	1560	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Ocotea venenosa Kosterm. & Pinkley	354	0	2	0	3	2	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0
Ocotea sp.1	777	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ocotea sp.3	511	0	0	0	0	1	0	0	2	0	4	1	0	0	0	1
Ocotea sp.4	1464	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
Ocotea sp.5	6946	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ocotea sp.6	1207	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
Ocotea sp.9	1407	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Ocotea sp.10	355	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pleurothyrium acuminatum v.d. Werff	444	1	0	1	0	0	0	0	1	2	0	2	1	0	0	0
Pleurothyrium brochidodromum v.d. Werff	1490	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Pleurothyrium sp.1	9444	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurothyrium sp.2	8326	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurothyrium sp.3	994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Rhodostemonodaphne grandis (Mez) Rohwer	578	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.3	1360	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Lauraceae sp.4	1914	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lauraceae sp.5	657	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.6	1234	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Lauraceae sp.7	5027	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.8	1158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Lauraceae sp.9	1087	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Lauraceae sp.10	1948	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lauraceae sp.11	2142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lauraceae sp.12	1427	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Lauraceae sp.13	6893	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.14	6062	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.15	6349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.16	3302	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.17	3518	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.18	3314	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.19	4591	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.20	4200	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.21	9125	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0



Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arc	Ala	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Lauraceae sp.22	3171	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.24	3435	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.25	5085	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.26	8947	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.27	6948	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.28	4600	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.30	5034	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.31	9448	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.32	9546	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.33	2937	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Lauraceae sp.34	8435	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.35	5088	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.36	7071	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.37	6749	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Lauraceae sp.38	7566	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.39	6773	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Lauraceae sp.40	5191	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.41	5387	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.42	6343	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.44	7346	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.45	3272	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.46	5477	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.47	9189	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.48	5936	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.49	8444	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.50	6037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.51	9593	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.52	9471	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.53	8301	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.54	6276	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.55	9812	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.56	8264	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.57	6055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.58	6342	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.59	6001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.60	9719	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.61	9727	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.62	6097	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Lauraceae sp.63	9067	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Lecythydaceae</b>																
Cariniana decandra Ducke	4042	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0
Cariniana multiflora Ducke	9021	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Couratari cf. guianensis Aubl.	667	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Couratari sp.1	4046	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0
Eschweilera bracteosa (Poepp. ex Berg) Miers	4597	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Eschweilera cf. andina (Rusby) Macbride	437	1	0	0	0	0	0	2	5	13	5	11	0	0	0	0
Eschweilera chartaceifolia Mori	476	0	0	0	0	2	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
Eschweilera cf. coriacea (DC.) Mori	2658	3	10	4	1	4	3	3	0	0	0	1	0	0	0	0
Eschweilera gigantea (Knuth) Macbr.	785	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Eschweilera grandiflora (Aubl.) Sandw.	4299	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Eschweilera itayensis Knuth	846	0	0	0	0	3	0	4	1	0	2	0	6	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arci	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Eschweilera laeviscarpa Mori	317	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2	0	0
Eschweilera rufifolia Mori	671	1	2	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eschweilera tessmannii Knuth	548	0	4	1	1	2	2	0	4	0	0	0	1	1	0	0
Eschweilera sp.1	295	0	0	0	0	4	0	1	6	7	0	14	0	0	0	0
Eschweilera sp.2	9198	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Eschweilera sp.3	9046	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Eschweilera sp.4	799	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Eschweilera sp.5	754	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eschweilera sp.6	429	0	0	0	0	0	0	1	0	4	5	3	2	0	0	0
Eschweilera sp.7	4259	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Eschweilera sp.8	3149	0	3	1	0	3	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0
Eschweilera sp.9	4219	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Gustavia longifolia Poepp. ex Berg	7062	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Leguminosae</b>																
Batesia floribunda Spruce ex Benth.	6864	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Brownea cauliflora Poeppig	3304	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brownea sp.1	1579	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Calliandra carbonaria Benth.	3412	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cedrelinga catenaeformis Ducke	1127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Dalbergia monetaria L.	363	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Dialium guianense (Aubl.) Sandw.	602	0	1	0	1	0	0	0	1	0	4	1	4	1	0	0
Diploptropis purpureus (Rich.) Amshoff	4864	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Dipteryx micrantha Harms	625	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dipteryx odorata (Aubl.) Willd.	5101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Dipteryx sp.1	6557	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dussia tessmannii Harms	3299	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hymenaea oblongifolia Huber	434	0	0	1	0	2	0	0	1	3	0	0	1	2	0	0
Hymenolobium sp.1	1679	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	3
Inga alba (Sw.) Willd.	307	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga cf. altissima Ducke	4065	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Inga brachyrhachis Harms	545	0	0	0	4	1	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0
Inga cordatoalata Ducke	4391	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Inga cf. coruscans Humb. & Bonpl. ex Willd.	830	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1	0	0
Inga lopadadenia Harms	1080	0	0	0	0	0	0	2	1	0	4	0	2	0	0	1
Inga cf. macrophylla Humb. & Bonpl. ex Willd.	1081	0	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	5	0	0	0
Inga multijuga Benth.	3326	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga cf. nobilis Willd.	404	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Inga cf. oerstediana Benth. ex Seeman	4282	1	0	4	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0
Inga pruriens Poeppig	2703	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga ricardorum Bernardi & Spichiger	5044	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
Inga semialata (Vell. Conc.) Mart.	1896	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Inga striata Benth.	5007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Inga tenuistipula Ducke	428	0	0	4	1	3	0	2	2	1	3	1	0	0	0	0
Inga tessmannii Harms	6855	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Inga umbellifera (Vahl) Steudel	4853	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Inga vismifolia Poeppig	669	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga yacoana Macbr.	571	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.1	1070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Inga sp.2	2128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Inga sp.3	7511	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.4	9538	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anio	13 F. aci	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F. aren	Mi 3	Mi 2
Inga sp.5	5985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Inga sp.6	6748	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Inga sp.7	627	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.8	4698	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Inga sp.9	9456	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.10	9525	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.11	9463	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.12	6746	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Inga sp.13	3470	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.14	771	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.15	3397	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.16	4382	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.17	4327	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.18	3135	1	1	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Inga sp.19	8383	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.20	9516	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.21	3466	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.22	7544	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.23	8548	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.24	7419	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.25	6215	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Inga sp.26	7565	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.27	7343	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.28	8572	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.29	9026	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.30	7033	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.31	9512	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.32	8546	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.33	8954	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.34	6876	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.35	7441	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.36	7090	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inga sp.37	7545	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Macrolobium angustifolium (Benth.) Cowan	1539	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Macrolobium arenarium Ducke	5558	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Macrolobium cf. discolor Benth.	1278	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Macrolobium limbatum Spr. ex Benth.	1327	0	0	0	0	0	0	1	8	0	2	0	0	1	13	11
Macrolobium microcalyx Ducke	1527	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	16
Macrolobium sp.1	930	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Macrolobium sp.2	658	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ormosia bopiensis Pierce ex Macbr.	3490	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ormosia coccinea (Aubl.) Jacks.	1616	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ormosia sp.1	5973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Parkia igneiflora Ducke	1511	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	10	3
Parkia multijuga Benth.	3334	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Parkia panurensis Benth. ex Hopkins	1152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
Parkia sp.1	6274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Parkia sp.2	4516	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Parkia sp.3	8515	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Parkia sp.4	6239	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Parkia sp.5	9191	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0



## Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pung	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
<i>Pithecellobium basijugum</i> Ducke	1163	0	0	0	0	1	0	2	12	0	3	3	5	3	0	0
<i>Pithecellobium</i> cf. <i>corymbosum</i> (Rich.) Benth.	2913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
<i>Pithecellobium huberi</i> Ducke	4996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
<i>Pithecellobium latifolium</i> (L.) Benth.	3415	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pithecellobium macbridii</i> Barbosa	589	4	3	2	2	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Pithecellobium nuriensis</i> Irwin	1506	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Pithecellobium unifoliolatum</i> Benth.	709	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pithecellobium</i> sp.1	6750	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Pithecellobium</i> sp.2	8510	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pithecellobium</i> sp.4	9528	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pithecellobium</i> sp.5	6336	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pithecellobium</i> sp.6	4541	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pithecellobium</i> sp.7	7468	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pithecellobium</i> sp.8	6223	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Swartzia benthamiana</i> Miq.	1435	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	3
<i>Swartzia cardiosperma</i> Spr. ex Benth.	959	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1
<i>Swartzia cuspidata</i> Spr. ex Benth.	1270	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Swartzia pendula</i> Spr. ex Benth.	306	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	7
<i>Swartzia polyphylla</i> DC.	568	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	4	1	0	1
<i>Swartzia racemosa</i> Cowan	808	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	2	2	1
<i>Swartzia</i> cf. <i>tessmannii</i> Harms	913	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Swartzia</i> sp.2	896	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Swartzia</i> sp.3	915	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Swartzia</i> sp.4	8610	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Swartzia</i> sp.6	4031	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Swartzia</i> sp.7	5091	0	0	2	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Swartzia</i> sp.8	4287	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Swartzia</i> sp.9	9434	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Swartzia</i> sp.10	278	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Swartzia</i> sp.11	6069	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Tachigali</i> cf. <i>bracteosum</i> (Huber) Zarucchi & Herendeen	1347	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	7
<i>Tachigali guianensis</i> (Benth.) Zarucchi & Herendeen	696	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Tachigali melinonii</i> (Harms) Zarucchi & Herendeen	4865	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Tachigali multijuga</i> Benth.	812	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Tachigali paniculata</i> Aubl.	1341	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	20
<i>Tachigali ptychophysca</i> Spruce ex Benth.	1617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Tachigali rusbyi</i> Harms	3280	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Tachigali</i> cf. <i>tessmannii</i> Harms	4051	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1	0	0	0	0	0
<i>Tachigali</i> sp.2	6072	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Tachigali</i> sp.3	9020	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tachigali</i> sp.4	8339	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tachigali</i> sp.5	7520	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tachigali</i> sp.6	7060	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tachigali</i> sp.7	5069	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Taralea oppositifolia</i> Aubl.	1667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
<i>Vatairea erythrocarpa</i> (Ducke) Ducke	304	0	1	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Caesalpinioideae</i> sp.1	1577	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Caesalpinioideae</i> sp.2	1768	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Caesalpinioideae</i> sp.3	1594	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Caesalpinioideae</i> sp.4	5938	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Caesalpinioideae</i> sp.5	9851	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anio	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Caesalpinioideae sp.6	6569	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caesalpinioideae sp.8	5997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Papilionoidae sp.1	4551	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.2	4547	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.7	4089	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.8	5093	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.9	3289	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.10	4297	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Papilionoidae sp.11	3322	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.12	9492	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.13	9232	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.14	9586	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.15	7549	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.16	7559	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.17	7398	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.18	7443	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.19	6553	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Papilionoidae sp.20	6244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Lepidobotryaceae</b>																
Ruptiliocarpon sp.1	3328	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Linaceae</b>																
Hebeptalum humiriifolium (Planch.) Benth.	350	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Richeria grandis Vahl	3297	0	1	4	0	2	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0
Roucheria humiriifolia (Planch.) Benth.	6868	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Roucheria punctata Ducke	1666	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	5
Roucheria schomburgkii Planchon	1775	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Roucheria sp.1	9095	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Loganiaceae</b>																
Potalia amara Aubl.	1683	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9
Strychnos cf. peckii Robinson	6373	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Strychnos sp.1	4682	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Magnoliaceae</b>																
Talauma sp.1	1325	0	2	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0
<b>Malpighiaceae</b>																
Bunchosia cf. hookeriana A. Juss.	3263	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bunchosia sp.1	7497	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Byrsonima poeppigiana A. Juss.	356	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Byrsonima stipulina Macbr.	2990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4
Byrsonima sp.3	1535	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
<b>Melastomataceae</b>																
Clidemia piperifolia Gleason	5909	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Loreya umbellata (Gleason) Wurdack	720	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	2	0
Miconia acutipetala Sprague	3170	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Miconia ampla Tr.	7469	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Miconia argyrophylla Schrank & Mart. ex DC.	1498	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Miconia barbinervis (Benth.) Triana	923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Miconia crassinervis Cogn.	5988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Miconia decurrens Cogn.	3388	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Miconia dolichorrhyncha Naud.	867	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Miconia elata (Sw.) DC.	3140	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Miconia fosteri Wurdack	6026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex p	Mo 2	Ano	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
<i>Miconia grandifolia</i> Ule	695	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia klugii</i> Gleason	284	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0
<i>Miconia lourteigiana</i> Wurdack	6587	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia lugonis</i> Wurdack	5659	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia minutiflora</i> (Bonpl.) DC.	4818	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Miconia multispicata</i> Naud.	6332	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia phanerostila</i> Pilger	4012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Miconia pilgeriana</i> Ule	903	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Miconia prasina</i> (Sw.) DC.	4386	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia punctata</i> (Desr.) D. Don	897	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Miconia rimachii</i> Wurdack	1887	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia rugosa</i> Tr.	1267	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia serrulata</i> (DC.) Naud.	6980	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia spichigeri</i> Wurdack	5920	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Miconia cf. subspicata</i> Wurdack	2770	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Miconia tetragona</i> Cogn.	4298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Miconia tetrasperma</i> Gleason	826	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0
<i>Miconia tomentosa</i> (L.C. Rich) D. Don	293	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0
<i>Miconia traillii</i> Cogn.	396	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
<i>Miconia trinervia</i> (Swartz) D. Don ex Loudon	9246	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia umbriensis</i> Wurdack	5918	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Miconia zubenatana</i> Macbr.	4019	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tococa guianensis</i> Aubl.	282	0	0	0	4	0	0	3	1	6	4	7	3	0	2	1
<i>Miconia</i> sp.3	7317	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia</i> sp.8	849	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Miconia</i> sp.19	7016	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia</i> sp.37	6940	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Miconia</i> sp.55	298	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Meliaceae</b>																
<i>Cedrela odorata</i> L.	716	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guarea cf. carinata</i> Ducke	752	0	0	0	1	1	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Guarea cinnamomea</i> Harms	645	1	3	4	6	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Guarea cristata</i> Penn.	2167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3
<i>Guarea ecuadoriensis</i> W. Palacios	3108	0	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guarea glabra</i> Vahl.	5530	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0
<i>Guarea grandifolia</i> DC.	644	0	0	0	1	0	0	0	2	1	5	0	0	0	0	0
<i>Guarea juglandiformis</i> Penn.	1126	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	2	0	3	0
<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss.	717	0	8	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	5451	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Guarea pubescens</i> (Rich.) A. Juss.	1018	1	7	1	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Guarea silvatica</i> DC.	4348	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guarea trunciflora</i> DC.	868	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	8	0	0	0
<i>Guarea</i> sp.1	848	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0
<i>Guarea</i> sp.2	452	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	5
<i>Guarea</i> sp.3	2700	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Guarea</i> sp.4	3504	7	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guarea</i> sp.5	3287	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guarea</i> sp.6	1201	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0
<i>Guarea</i> sp.7	4844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0
<i>Guarea</i> sp.8	8431	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Guarea</i> sp.9	8470	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anio	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F are	Mi 3	Mi 2
Guarea sp.10	3999	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Guarea sp.11	8578	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Guarea sp.12	7391	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guarea sp.13	5135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Guarea sp.14	3327	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guarea sp.15	9511	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guarea sp.16	9031	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Guarea sp.17	7043	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guarea sp.18	8354	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guarea sp.19	5355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Swietenia sp.1	9573	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichilia areolata Penn.	3291	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichilia cf. laxipaniculata Cuatr.	3408	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichilia maynasiana DC.	3292	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichilia micrantha Benth.	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
Trichilia poeppigii DC.	3398	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichilia quadrijuga Kunth	3448	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichilia rubra DC.	423	0	0	1	1	1	1	1	0	2	0	0	5	0	0	0
Trichilia septentrionalis DC.	361	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	5	0	0	0
Trichilia stipitata Penn.	4289	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Trichilia sp.1	9507	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichilia sp.2	6806	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Trichilia sp.3	5949	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Trichilia sp.4	2074	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Trichilia sp.5	1981	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	3	1	0	0	0
Trichilia sp.6	8983	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichilia sp.7	7429	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichilia sp.8	6578	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichilia sp.9	7534	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Memecylaceae</b>																
Mouriri cauliflora Mart. ex DC.	4508	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Mouriri myrtifolia Spr. ex Tr.	2637	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mouriri sp.1	9718	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mouriri sp.2	9753	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Menispermaceae</b>																
Abuta grandifolia (Mart.) Sandw.	4970	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Monimiaceae</b>																
Mollinedia krukovii A.C. Smith	680	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollinedia sp.1	2104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Mollinedia sp.2	4849	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Siparuna cristata (P. & E.) DC.	693	0	6	0	2	0	4	3	1	0	2	0	1	0	0	0
Siparuna cuspidata (Tul.) DC.	2631	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Siparuna decipiens (Tul.) DC.	1439	0	0	1	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	1	0
Siparuna cf. micrantha DC.	2132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Siparuna guianensis Aubl.	329	0	8	0	7	6	0	0	10	7	2	0	0	1	0	0
Siparuna sp.1	2634	0	0	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siparuna sp.3	8404	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siparuna sp.5	7552	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siparuna sp.6	9455	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Siparuna sp.7	6079	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Siparuna sp.8	8369	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 Farcí	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 Faren	Mi 3	Mi 2
<b>Moraceae</b>																
Batocarpus orinocoensis Karst.	4288	0	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Brosimum guianense (Aubl.) Huber	3410	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Brosimum lactescens (S. Moore) C. Berg	583	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brosimum parinarioides Ducke	432	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Brosimum potabile Ducke	3517	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brosimum rubescens Taub.	1902	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	2	
Brosimum utile (H.B.K.) Pittier	451	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	2	0	0
Brosimum sp.1	6284	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Brosimum sp.2	9787	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Helicostylis elegans (Macbr.) C.C. Berg	2539	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Helicostylis heterotricha Ducke	3383	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Helicostylis scabra (Macbr.) C. Berg	1066	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	1	2	0
Helicostylis tomentosa (P. & E.) Rusby	507	0	0	1	1	3	0	1	2	1	0	0	0	1	0	0
Naucleopsis amara Ducke	549	0	1	0	3	1	1	0	2	0	0	0	0	1	1	0
Naucleopsis concinna (Standley) C.C. Berg	1482	0	1	0	0	3	0	0	0	0	1	2	0	0	1	0
Naucleopsis imitans (Ducke) C.C. Berg	433	0	0	2	1	2	1	0	2	4	0	1	4	0	1	0
Naucleopsis krukovi (Standley) C.C. Berg	3514	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Naucleopsis mello-barreto (Standl.) C. Berg	981	0	1	0	0	0	0	0	2	0	2	2	3	0	0	0
Naucleopsis ulei Warb.	797	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Perebea glabrifolia (Ducke) C.C. Berg	4866	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Perebea guianensis Aubl.	5164	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perebea humilis C.C. Berg	4995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Perebea menegae C.C. Berg	4388	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Perebea cf. mollis (P. & E.) Huber	2560	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Perebea xanthochyma Karst.	765	2	1	2	1	5	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0
Pseudolmedia laevigata Trecul	318	0	1	0	1	0	0	2	4	2	2	1	3	0	2	0
Pseudolmedia laevis (R. & P.) Macbr.	586	3	2	5	2	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Pseudolmedia rigida (Klotzsch & Karsten) Cuatr.	3487	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sorocea guilleminiana Gaudich	4081	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sorocea muriculata Miq.	382	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Sorocea pubivera Hemsley	319	1	0	5	0	4	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0
Trymatococcus amazonicus P. & E.	3115	0	3	1	0	2	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0
Moraceae sp.1	6269	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Moraceae sp.2	6912	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moraceae sp.3	8571	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moraceae sp.4	6810	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Moraceae sp.5	7501	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moraceae sp.6	9467	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moraceae sp.7	7336	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moraceae sp.8	7070	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moraceae sp.9	6745	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0
Moraceae sp.10	9592	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moraceae sp.11	8378	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moraceae sp.12	9790	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moraceae sp.13	8282	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moraceae sp.14	8456	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moraceae sp.15	3323	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Myristicaceae</b>																
Compsonura capitellata (DC.) Warb.	299	1	0	0	0	2	2	1	0	4	1	0	0	0	0	0
Compsonura sprucei (DC.) Warb.	7440	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
<i>Iryanthera elliptica</i> Ducke	328	0	0	0	0	0	1	0	5	1	1	3	3	3	0	0
<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	570	4	9	2	5	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
<i>Iryanthera laevis</i> Mkgrf.	3428	2	2	1	0	3	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Iryanthera lancifolia</i> Ducke	975	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	5	1	1	0	0
<i>Iryanthera macrophylla</i> (Benth.) Warb.	347	3	1	2	2	4	1	1	2	5	1	5	2	4	1	0
<i>Iryanthera cf. paraensis</i> Hub.	291	3	6	3	4	4	1	2	0	4	4	0	3	1	2	0
<i>Iryanthera polyneura</i> Ducke	820	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	4	13	0	0	6
<i>Iryanthera tricornis</i> Ducke	485	0	0	0	0	0	0	0	4	3	4	4	14	0	0	0
<i>Iryanthera cf. ulei</i> Warb.	832	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	8	9
<i>Osteophloeum platyspermum</i> (DC.) Warb.	879	1	1	0	0	3	0	0	6	0	0	0	2	1	0	0
<i>Otoba glycyarpa</i> (Ducke) Rodr.	591	12	12	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Otoba parvifolia</i> (Markgraf) Gentry	3271	0	4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Viola albidiflora</i> Ducke	6952	2	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Viola calophylla</i> Warb.	297	3	1	2	9	5	1	4	10	4	0	13	12	1	1	2
<i>Viola decorticans</i> Ducke	3109	0	2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Viola elongata</i> (Benth.) Warb.	816	0	0	0	0	1	0	4	0	0	8	1	6	0	0	0
<i>Viola flexuosa</i> A.C. Smith	9837	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Viola marlenei</i> Rodr.	336	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2	3	0	0	0
<i>Viola multinervia</i> Ducke	340	0	0	1	0	5	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0
<i>Viola obovata</i> Ducke	375	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Viola pavonis</i> (DC.) Smith	339	0	0	0	10	4	0	3	5	14	6	0	2	0	8	10
<i>Viola</i> sp.1	308	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<i>Viola</i> sp.2	4825	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Viola</i> sp.3	853	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Viola</i> sp.4	606	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Viola</i> sp.7	4914	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
<i>Viola</i> sp.8	3418	3	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Viola</i> sp.10	335	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
<i>Viola</i> sp.12	6218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Myrsinaceae</b>																
<i>Cybianthus cf. peruvianus</i> (DC.) Miq.	2198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
<i>Cybianthus resinosus</i> Mez	1722	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Cybianthus</i> sp.1	1239	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Stylogyne longifolia</i> (Mart. & Miq.) Mez	3426	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrsinaceae</i> sp.1	5937	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Myrsinaceae</i> sp.2	1636	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Myrsinaceae</i> sp.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
<i>Myrsinaceae</i> sp.4	6361	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Myrsinaceae</i> sp.5	7455	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrsinaceae</i> sp.6	6837	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Myrtaceae</b>																
<i>Calyptanthus bipennis</i> O. Berg	4209	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calyptanthus crebra</i> McVaugh	1943	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Calyptanthus cf. cuspidata</i> DC.	6369	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
<i>Calyptanthus cf. densiflora</i> O. Berg	3499	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calyptanthus cf. longifolia</i> O. Berg	734	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calyptanthus rufotomentosa</i> McVaugh	2959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<i>Calyptanthus simulata</i> McVaugh	2911	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Calyptanthus cf. speciosa</i> Sagot.	349	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Calyptanthus</i> sp.2	6729	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Eugenia discreta</i> McVaugh	3506	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



## Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F arc	Mi 3	Mi 2
<i>Eugenia feijoi</i> O. Berg	5066	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Eugenia florida</i> DC.	751	0	1	1	2	0	0	1	0	0	1	1	0	1	2	8
<i>Eugenia cf. lambertiana</i> DC.	5548	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eugenia cf. muricata</i> DC.	3431	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eugenia</i> sp.1	676	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Eugenia</i> sp.2	435	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
<i>Eugenia</i> sp.3	599	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eugenia</i> sp.4	1943	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Eugenia</i> sp.5	3474	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eugenia</i> sp.6	1873	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Eugenia</i> sp.7	3309	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eugenia</i> sp.8	4686	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Marlierea caudata</i> McVaugh	1537	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	10
<i>Marlierea imperfecta</i> McVaugh	1359	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Marlierea cf. umbraticola</i> (HBK.) DC.	2109	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0
<i>Myrcia cf. guianensis</i> (Aubl.) DC.	738	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrcia minutiflora</i> Sagot	4271	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrcia sylvatica</i> (G. Meyer) DC.	1844	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Myrcia</i> sp.1	1774	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Myrcia</i> sp.2	4277	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrcia</i> sp.4	4856	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Myrcia</i> sp.5	956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Myrciaria floribunda</i> (West ex Willd.) O. Berg	3117	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plinia</i> sp.2	4318	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.3	3260	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.5	8972	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.7	9022	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.9	9108	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.10	9452	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.11	7320	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.12	8363	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.13	6061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.14	6330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.15	7557	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.16	8537	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.17	9197	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.18	8978	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.19	7098	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.20	7526	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.21	7359	0	0	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.22	9154	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.23	8278	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.24	9470	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.25	8529	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.26	7542	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.27	6057	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.28	3512	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.29	8457	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.30	8946	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.31	9449	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Myrtaceae</i> sp.32	9007	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arcí	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Myrtaceae sp.33	9431	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myrtaceae sp.34	6934	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Nyctaginaceae</b>																
Neea cf. divaricata P. & E.	1589	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Neea parviflora P. & E.	639	0	0	0	4	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Neea cf. verticillata R. & P.	668	1	3	4	6	1	0	2	2	0	4	4	0	0	4	24
Neea sp.1	757	1	4	1	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neea sp.2	2936	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Neea sp.3	4933	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Neea sp.4	4351	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Neea sp.5	6891	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neea sp.6	3290	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neea sp.7	7514	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neea sp.8	1807	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Neea sp.9	4805	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Neea sp.10	1557	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	9	
Neea sp.11	9183	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Neea sp.12	9745	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neea sp.13	7465	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ochnaceae</b>																
Cespedesia spathulata (R. & P.) Planch.	6382	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ouratea amplifolia Sleum.	1343	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Ouratea cf. aromatica Macbr.	1727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ouratea sp.1	3492	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ouratea sp.2	4585	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Dulacia candida (Poepp.) Ktze.	582	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	
Heisteria acuminata (Humboldt & Bonpl.) Engler	8270	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heisteria cf. barbata Cuatr.	4822	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Heisteria duckei Sleum.	919	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Heisteria insculpta Sleum.	678	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heisteria nitida Engl.	641	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heisteria sp.1	6594	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Minquartia guianensis Aubl.	4538	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Oleaceae sp.1	9548	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tetrastylidium peruvianum Sleum.	294	3	5	3	1	3	2	0	1	1	3	3	5	2	1	1
<b>Oleaceae</b>																
Chionanthus cf. implicatus (Rusby) P.S. Green	1554	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>Opiliaceae</b>																
Agonandra brasiliensis Miers	4598	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Passifloraceae</b>																
Dilkea parviflora Killip	4680	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0
<b>Piperaceae</b>																
Piper arboreum Aubl.	372	0	0	0	6	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Piper laevigatum HBK.	554	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piper sp.1	9482	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piper sp.2	6903	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piper sp.3	6315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Polygonaceae</b>																
Coccoloba paraensis Meisner	3265	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coccoloba sp.1	8283	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coccoloba sp.2	7438	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Coccoloba sp.3	9848	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Proteaceae</b>																
Proteaceae sp.1	6717	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Quiinaceae</b>																
Quiina amazonica A.C. Smith	3102	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quiina florida Tul.	4974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Quiina obovata Tul.	303	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Quiina sp.1	9769	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quiina sp.2	6293	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Quiina sp.3	6828	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<b>Rhamnaceae</b>																
Rhamnidium elaeocarpum Reissek	9846	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zizyphus cinnamomum Tr. & Pl.	9436	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Rhizophoraceae</b>																
Anisophyllea guianensis Sandw.	963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Rhigospira quadrangularis (M.Arg.) Miers	5369	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sterigmatopetalum obovatum Kahlm.	1318	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<b>Rosaceae</b>																
Prunus detrita Macbr.	2912	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
<b>Rubiaceae</b>																
Alibertia hispida Ducke	1508	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	15
Alibertia triflora (L. Rich.) Schum.	4387	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Amaioua corymbosa H.B.K.	1386	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	1	0
Borojoa clariflora (Schumann) Cuatrec.	1955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Borojoa patinoi Cuatr.	588	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Botryarhena pendula Ducke	1473	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	0
Calycophyllum megistocaulon (Krause) Taylor	782	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capirona decorticans Spruce	565	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coussarea klugii Steyerf.	3329	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coussarea cf. megalocarpa Standl.	9773	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coussarea sp.1	4093	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Duroia hirsuta (Poeppig) Schumann	6064	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Duroia saccifera (R. & S.) Schum.	4537	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Duroia sp.1	8950	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Duroia sp.2	5073	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Elaegia cf. mariae Wedd.	2037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1	0	0	0
Faramea anisocalyx P. & E.	547	2	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Faramea cf. capillipes Muell.Arg.	4532	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Faramea sp.2	2705	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ferdinandusa clorantha (Wedd.) Standl.	1507	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	8
Ferdinandusa lorentensis Standl.	373	0	0	0	0	1	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0
Hippotis albiflora Karst.	3489	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hoffmannia sp.1	1015	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	2	0	0	0
Ixora panurensis Muell.Arg.	835	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Kotchubaea sericantha Standl.	1972	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Ladenbergia amazonensis Ducke	411	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	1	0	0
Pagamea guianensis Aubl.	1825	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Palicourea nigricans K. Krause	615	0	0	0	5	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Palicourea sp.1	7437	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pentagonia parvifolia Steyerf.	2710	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Posoqueria cf. panamensis (Walp. & Duchass.) Walp.	292	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0



Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anlo	13 Farci	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 Faren	Mi 3	Mi 2
Psychotria nautensis Standl.	4696	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Psychotria remota Benth.	3155	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psychotria sp.1	4575	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Psychotria sp.2	4994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Psychotria sp.3	4546	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Remijia peruviana Standl.	917	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Remijia ulei Krause	1273	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0
Rudgea fissistipula M.Arg.	1394	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Rudgea cf. lorentensis Standl.	546	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rudgea sp.1	4211	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Stachyococcus adinanthus (Standl.) Standl.	4084	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Warszewiczia coccinea (Vahl) Kl.	629	0	8	4	2	5	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.1	6052	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Rubiaceae sp.2	7077	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.3	6358	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Rubiaceae sp.4	7560	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.5	7503	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.6	3150	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.7	6240	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Rubiaceae sp.8	9819	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.9	5965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.10	9069	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.12	8432	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.13	9049	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.14	9487	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.15	9850	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.16	9205	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.17	9514	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.18	6000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.19	7508	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.21	6366	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.22	6580	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.23	5950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.24	7372	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.25	6907	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.26	6747	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Rubiaceae sp.27	3285	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rubiaceae sp.28	6245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Rutaceae</b>																
Adiscanthus fusciflorus Ducke	1816	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	
Galipea sp.1	610	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ravenia biramosa Ducke	1576	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	
Zanthoxylum sp.1	6843	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Zanthoxylum sp.2	9177	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Rutaceae sp.1	6764	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
Rutaceae sp.2	6023	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	
Rutaceae sp.4	3317	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Sabiaceae</b>																
Ophiocaryon heterophyllum (Benth.) Urban	937	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	14	0	3	1	
Ophiocaryon klugii Barneby	613	0	4	5	2	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ophiocaryon manausense (W. Rodr.) Barneby	4683	2	0	0	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0	0	

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Auto	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F arc	Mi 3	Mi 2
<b>Sapindaceae</b>																
Allophylus sp.1	8377	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Allophylus sp.2	9583	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Allophylus sp.3	9711	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Allophylus sp.4	7308	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cupania hispida Radlk.	6782	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Cupania sp.1	1462	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Matayba adenanthera Radlk.	4904	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Matayba arborescens (Aubl.) Radlk.	6243	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Matayba inelegans Spr. ex Radlk.	1362	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19
Matayba macrocarpa Gereau	936	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	2
Matayba purgans (P. & E.) Radlk.	7382	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Matayba sp.1	1612	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Maytenus macrocarpa Mart.	8490	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paullinia sp.1	9748	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Talisia carinata Radlk.	4842	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Talisia macrophylla Radlk.	4086	0	0	2	0	1	0	1	4	0	0	1	0	0	0	0
Talisia sp.1	2603	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Talisia sp.2	8274	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapindaceae sp.1	9818	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapindaceae sp.2	6760	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Sapindaceae sp.3	9503	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapindaceae sp.4	7374	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapindaceae sp.6	8392	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Sapotaceae</b>																
Chrysophyllum bombycinum Penn.	823	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	1	1	7
Chrysophyllum cf. colombianum (Aubl.) Penn.	310	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Chrysophyllum manaoense (Aubl.) Penn.	1620	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	15
Chrysophyllum cf. priurii DC.	2160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Chrysophyllum sanguinolentum (Pierre) Baehni	852	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	42	6
Chrysophyllum ucuquirana-branca (Aubr. & Pel.) Penn.	4095	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Chrysophyllum sp.1	2174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Chrysophyllum sp.2	1703	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Chrysophyllum sp.3	4528	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Chrysophyllum sp.4	5994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Chrysophyllum sp.5	8488	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chrysophyllum sp.6	6930	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ecclinusa guianensis Eyma	805	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Ecclinusa lanceolata (M. & E.) Pierre	735	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3	2	1	0	0	0
Ecclinusa ramiflora Mart.	4695	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Micropholis brochidodroma Penn.	4530	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Micropholis egensis (DC.) Pierre	1739	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Micropholis guyanensis (DC.) Pierre	926	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	3	0	0	0	0
Micropholis madeirensis (Baehni) Aubr.	620	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Micropholis cf. obscura Penn.	1635	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Micropholis porphyrocarpa (Baehni) Monachino	1120	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Micropholis venulosa (M. & E.) Pierre	1533	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
Micropholis sp.1	341	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
Micropholis sp.2	1906	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Micropholis sp.4	3276	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.5	4846	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 Faren	Mi 3	Mi 2
Micropholis sp.6	4070	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Micropholis sp.7	3161	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.8	8299	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.9	9542	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.10	2953	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Micropholis sp.11	8252	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.12	7314	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.13	5567	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Micropholis sp.15	6835	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Micropholis sp.16	8528	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.17	8385	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.18	6575	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.19	9598	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.20	9576	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.21	9760	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Micropholis sp.22	6334	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pouteria caimito (R. & P.) Radlk.	837	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0	0	0
Pouteria cf. cladantha Sandw.	4311	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pouteria cuspidata (DC.) Baehni	646	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	2	0	2	7	
Pouteria cf. deliciosa Penn.	1302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Pouteria filipes Eyma	724	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pouteria guianensis Aubl.	4222	0	0	0	0	0	2	3	0	1	4	0	0	0	0	0
Pouteria hispida Eyma	4963	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Pouteria krukovii (A.C. Smith) Baehni	3106	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pouteria lucumifolia (Reisseck ex Max) Penn.	1551	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Pouteria neglecta Cronq.	747	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pouteria oblanceolata Pires	1588	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Pouteria putamen-ovi Penn.	505	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	
Pouteria reticulata (Hub.) Baehni	1170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
Pouteria rostrata (Hub.) Baehni	321	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
Pouteria torta (Mart.) Radlk.	478	0	0	0	0	0	2	1	2	1	0	2	0	0	0	
Pouteria trilocularis Cronq.	2671	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.1	3301	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.2	798	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	3	
Pouteria sp.3	708	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.4	6281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Pouteria sp.5	2578	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.6	8541	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.7	703	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.8	1602	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	
Pouteria sp.9	1772	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Pouteria sp.10	9508	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.11	8303	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.12	8507	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.13	9155	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.14	3122	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.15	8393	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.16	4986	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.17	7318	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.18	9120	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pouteria sp.19	6827	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	



## Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F arc	Mi 3	Mi 2
Pouteria sp.20	6076	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0
Pouteria sp.21	9835	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pradosia cf. cochlearia (Lecomte) Penn.	1390	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
Sapotaceae sp.1	4605	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.3	9138	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.4	1326	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Sapotaceae sp.5	1641	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Sapotaceae sp.6	9529	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.7	475	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Sapotaceae sp.8	1578	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Sapotaceae sp.9	9175	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.10	2106	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
Sapotaceae sp.11	4533	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.12	6943	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.13	4223	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.14	9552	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.15	4396	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.16	2638	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.17	9147	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.18	6347	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Sapotaceae sp.19	8345	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.20	3125	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.21	5022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.22	9828	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.23	6908	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.24	3498	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.25	9813	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.26	7492	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.27	7047	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.28	4868	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.29	7530	2	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.30	4294	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.31	3331	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.32	8982	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.33	6941	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.34	4286	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.35	5080	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.36	9202	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.37	8525	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.38	9523	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.39	5097	2	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.40	8398	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.41	7521	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.42	8952	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.43	7061	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sapotaceae sp.44	1531	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>Simaroubaceae</b>																
Simaba polyphylla (Cavalcante) Thomas	4953	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Simaba sp.1	399	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Simaba sp.2	2509	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Simaba sp.3	1682	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arci	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 F aren	Mi 3	Mi 2
Simaba sp.4	8394	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simarouba amara Aubl.	3439	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simira cf. pisoniiformis (Baill.) Steyer.	2676	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simira rubescens (Benth.) Brem. ex Steyer.	5103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Simira sp.1	704	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Staphyleaceae</b>																
Huetea glandulosa R. & P.	9762	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Sterculiaceae</b>																
Herrania nycterodendron R.E. Schultes ex Charm	3182	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sterculia apeibophylla Ducke	633	0	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sterculia chicomendezii E. Taylor	8580	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sterculia frondosa Rich.	1069	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0
Sterculia killipiana E. Taylor	436	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0
Sterculia parviflora (Ducke) E. Taylor	4950	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0
Sterculia cf. peruviana (D. Simpson) E. Taylor	7381	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sterculia tessmannii Mildbr.	4284	3	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sterculia sp.1	6879	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Theobroma cacao L.	9430	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Theobroma glaucum Karst.	7099	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Theobroma obovatum Kl. ex Bern	2630	1	3	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Theobroma subincanum Mart.	441	0	3	0	0	3	1	0	0	1	3	4	4	3	0	0
<b>Styracaceae</b>																
Styrax sp.1	5955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<b>Theaceae</b>																
Ternstroemia klugiana Kubitzki	1749	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7
<b>Tiliaceae</b>																
Apeiba aspera Aubl.	7067	2	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Luehea sp.1	2112	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Mollia gracilis Spruce ex Benth.	8405	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mollia lepidota Spruce ex Benth.	8570	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ulmaceae</b>																
Ampelocera edentula Kuhl.	607	1	2	1	2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ampelocera sp.1	8937	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Urticaceae</b>																
Urera sp.1	8520	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Verbenaceae</b>																
Aegiphila sp.1	6305	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Vitex kruckovii Moldenke	4310	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Violaceae</b>																
Gloeospermum pilosum Melchior	4266	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Leonia crassa Smith & Fernandez	652	2	1	0	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Leonia cymosa Mart.	4569	0	0	0	0	1	0	0	3	0	4	2	0	0	0	0
Leonia glyxicarpa R. & P.	280	1	3	2	1	3	0	0	0	3	5	0	1	0	0	0
Papayrola grandiflora Tul.	590	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0
Rinorea flavescens (Aubl.) Ktze.	312	0	0	0	0	24	0	0	4	6	5	0	0	0	0	0
Rinorea lindeniana (Tul.) Ktze.	736	0	4	6	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinorea racemosa (Mart.) Ktze.	825	0	0	0	0	17	0	9	10	0	4	1	27	0	0	0
Rinorea sp.1	9796	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinorea sp.2	9435	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rinorea sp.3	8414	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Violaceae sp.1	8321	11	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apéndice 7.1 continuación

Especie	no. col.	Tara	Geng	Ex P	Mo 2	Anto	13 F arc	Ana	Naut	Mo 1	Mani	Pang	Mi 1	13 Faren	Mi 3	Mi 2
Violaceae sp.2	9151	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Violaceae sp.3	7051	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Vochysiaceae</b>																
Erisma bicolor Ducke	4055	0	0	0	0	0	0	1	6	0	1	0	0	4	0	0
Erisma sp.1	3027	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Vochysia sp.2	9710	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vochysia sp.3	8569	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vochysia sp.4	6058	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<b>Familia indeterminada</b>																
sp.1	8442	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.2	9438	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.3	9145	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.4	9557	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.5	9014	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.6	9442	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.7	9530	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.8	9571	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.9	8323	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.10	5982	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
sp.11	6859	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
sp.12	9513	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.13	6776	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
sp.14	3124	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.15	8271	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.16	9457	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.17	8502	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sp.35	3277	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



## APÉNDICE 7.2. ESPECIES DE LA FAMILIA MELASTOMATACEAE

Listado de las especies de la familia Melastomataceas encontradas en los inventarios de 32 lugares en la zona de Iquitos. La secuencia de los lugares, de Palo Seco 1 a Mishana 2, sigue aproximadamente el orden de disminución de la concentración de cationes y crecimiento del porcentaje de arena en el suelo. Las especies se presentan en orden alfabético por género. En la segunda columna se proporciona el número de colección de K. Ruokolainen *et al.* que representa la especie.

Los lugares son Palo Seco 1 (PS1), Tarapoto (Tarap), 7 de Julio (7 Julio), Gengen, Libertad Agraria km8 (L Agr 8), Ex Petroleros (Ex Petr), San Antonio 1 (S Ant 1), Carbajal km0 (Carb 0), Carbajal km2 (Carb 2), Palo Seco 2 (PS2), Momón 2 (Mom 2), 13 de Febrero arcilla (13F arc), Sant Ana (S Ana), Carbajal km4 (Carb 4), Carbajal km8 (Carb 8), Carbajal km10 (Carb 10), Carbajal km12 (Carb 12), San Antonio 2 (S Ant 2), Nauta, Mishana 1 (Mish 1), Momón 1 (Mom 1), Maniti, Panguana 1 (Pang 1), Panguana 2 (Pang 2), Libertad Agraria km3 (L Agr 3), San Pedro (S Pedr), 13 de Febrero arena (13F are), San Gerardo (S Ger), Carbajal km6 (Carb 6), Puerto Almendras (P Alm), Mishana 3 (Mish 3) y Mishana 2 (Mish 2).

Especie	no. col.	PS1	Tarap	7 Julio	Gengen	L Agr 8	Ex Petr	S Ant	Carb 0	Carb 2	PS2	Mom 2	13F arc	S Ana	Carb 4	Carb 8	Carb 10	Carb 12	S Ant 2	Nauta	Mish 1	Mom 1	Maniti	Pang 1	Pang 2	L Agr 3	S Pedr	13F arc	S Ger	Carb 6	P Alm	Mish 3	Mish 2
<b>Aciotis</b>																																	
acuminifolia (DC.) Tr.	3198	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
aristata Ule	7996	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Adelobotrys</b>																																	
boissierina Cogn.	2322	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-
intonsa (Gleason) Wurdack	2274	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
macrantha Gleason	3253	-	X	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
macrophylla Pilger	8632	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
marginata Brade	5904	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-
praetexta Pilger	4883	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
scandens (Aubl.) DC.	3006	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
subsessilis Gleason	4873	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp.1	8927	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp.2	7986	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp.9	4345	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Bellucia</b>																																	
cf. beckii Renner	8208	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
grossularioides (L.) Tr.	9236	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pentamera Naud.	7686	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp.2	4246	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Blakea</b>																																	
bracteata Gleason	4968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
rosea (R. & P.) D. Don	3025	-	X	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
<b>Clidemia</b>																																	
allardii Wurdack	4251	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-
dimorphica Macbr.	3016	X	X	X	X	X	-	X	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
epibaterium DC.	2360	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X
epiphytica (Tr.) Cogn.	3268	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
heterophylla (Desr.) Gleason	9421	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
japurensis DC.	6032	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
juruenis (Pilger) Gleason	6552	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-
longifolia Gleason	2272	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
piperifolia Gleason	5909	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-
septuplinervia Cogn.	3011	X	X	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp.1	4243	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Apéndice 7.2 continuación

Especie	no. col.	PS1	Tarap	7 Julio	Gengen	L. Agr 8	Ex Petr	S Ant 1	Carb 0	Carb 2	PS2	Mom 2	13F arc	S Ana	Carb 4	Carb 8	Carb 10	Carb 12	S Ant 2	Nauta	Mish 1	Mom 1	Pang 3	Pang 2	L. Agr 3	S Pedr	13F are	S Ger	Carb 6	P Alm	Mish 3	Mish 2	
sp.2	4331	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Leandra</b>																																	
aristigera (Naud.) Cogn.	4871	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	X	X	-	-	
candelabrum (Macbr.) Wurdack	6522	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	
caquetana Sprague	3023	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
chaetodon (DC.) Cogn.	9065	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	
glandulifera (Tr.) Cogn.	4014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
longicoma Cogn.	3018	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	
macdanielii Wurdack	2279	-	X	-	-	X	-	X	X	-	-	X	X	X	X	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
nanayensis Wurdack	4650	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	X	-	-	-	
secunda (D. Don) Cogn.	5025	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
solenifera Cogn.	9922	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.2	8206	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Loreya</b>																																	
spruceana Benth. ex Tr.	6997	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
umbellata (Gleason) Wurdack	2441	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	
<b>Maieta</b>																																	
guianensis Aubl.	2836	-	-	X	-	X	-	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
poepigii Mart. ex Cogn.	2448	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-	-	
<b>Miconia</b>																																	
abbreviata Markgraf	9958	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
acutipetala Wurdack	3254	-	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
amazonica Tr.	3185	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ampla Tr.	4247	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
argyrophylla Schr. & Mart. ex DC.	4878	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	
aurea (D. Don) Naud.	10744	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
aureoides Cogn.	3346	X	X	X	X	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
barbinervis (Benth.) Tr.	2321	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	X	X	X	-	X	X	X	-	-	X	-	
brachybotrya Tr.	3339	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
calvescens DC.	9939	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
carassana Cogn.	4653	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	-	-	X	
cazaletii Wurdack	8654	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
centrodesma Naud.	4024	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
crassinervia Cogn.	8921	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
decurrens Cogn.	7024	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
dispar Benth.	7975	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
dolichorrhyncha Naud.	6513	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	X	X	-	-	X	-	
duckei Cogn.	4234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	
egensis Cogn.	4336	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
elata (Swartz) DC.	6991	X	X	-	X	X	X	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
fosteri Wurdack	6026	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	
grandifolia Ule	3005	X	X	X	X	-	X	X	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
klugii Gleason	4651	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	
lamprophylla Tr.	3000	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
lepidota Schrank & Mart. ex DC.	6014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-	
longifolia (Aubl.) DC.	9405	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
lourteigiana Wurdack	7690	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
lugonis Wurdack	3012	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	
matthaei Naud.	7963	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
minutiflora (Bonpl.) DC.	4876	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X	-	-	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	
multispicata Naud.	4229	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	

Apéndice 7.2 continuación

Especie	no. col.	PS1	Tarap	7 Julio	Gengen	L Agr 8	Ex Petr	S Ant 1	Carb 0	Carb 2	PS2	Mon 2	13F arc	S Ana	Carb 4	Carb 8	Carb 10	Carb 12	S Ant 2	Nauta	Mish 1	Mon 1	Maniti	Pang 1	Pang 2	L Agr 3	S Petr	13F arc	S Ger	Carb 6	P Alm	Mish 3	Mish 2	
myriantha Benth.	6387	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
napoana Wurdack	3010	X	X	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
nervosa (Sm.) Tr.	2278	-	-	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
paleacea Cogn.	9991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
phanerostila Pilger	4012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
poepigii Tr.	2328	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
prasina (Swartz) DC.	3345	-	-	X	X	-	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
pteroaulon Tr.	4003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
punctata (Desr.) D. Don ex DC.	7013	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
radulaefolia (Benth.) Naud.	2249	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
rimachii Wurdack	7604	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
rugosa Tr.	2405	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
schunkei Wurdack	4343	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
serrulata (DC.) Naud.	6980	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
spichigeri Wurdack	4240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
splendens (Swartz) Grisebach	6542	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
stelligera Cogn.	4008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
cf. subspicata Wurdack	4880	-	X	-	X	-	-	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tetragona Cogn.	4002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
tetrasperma Gleason	4244	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
tomentosa (Rich.) D. Don	7006	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	-	X	X	X	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
traillii Cogn.	4663	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
trinervia (Swartz) D. Don ex Loud.	9246	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
triplinervis R. & P.	9261	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
umbriensis Wurdack	5918	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
zubenatana Macbr.	4019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.3	3343	-	X	-	X	X	X	-	X	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.5	7030	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.6	6500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.8	6016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.19	7016	X	X	X	X	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.25	3184	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.28	6524	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.29	8698	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.37	6523	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.42	7999	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.44	3190	X	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.45	7992	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.48	2480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.50	4667	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.52	9407	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.55	6027	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.59	9928	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.60	8647	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
sp.62	6984	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ossaea																																		
araneifera Markgraf	2325	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	
boliviensis(Cogn.) Gleason	3015	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bullifera (Pilger) Gleason	9239	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
cucullata Gleason	4657	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	
Salpinga																																		



Apéndice 7.2 continuación

Especie	no. col.	PS1	Tarap	7 Julio	Gengen	L Agr 8	Ex Fer	S Ant	Carb 0	Carb 2	PS2	Mon 2	13F arc	S Ana	Carb 4	Carb 8	Carb 10	Carb 12	S Ant 2	Nauta	Mish 1	Mom 1	Maniti	Pang 1	Pang 2	L Agr 3	S Pedr	13F arc	S Ger	Carb 6	P Alm	Mish 3	Mish 2
secunda Schrank & Mart.	2261	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tococa</b>																																	
caquetana Sprague	3014	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	-	-	-
caryophyllea (DC.) Renner	4891	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-
guianensis Aubl.	2368	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ulei Pilger	2262	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Triolena</b>																																	
amazonica (Pilger) Wurdack	9258	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Género indeterminado</b>																																	
Melastomataceae sp.7	8919	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Melastomataceae sp.11	6017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

# APÉNDICE 7.3. ESPECIES DE PTERIDÓFITAS

Listado de especies de pteridófitas (helechos) encontradas en los inventarios de 32 lugares en la zona de Iquitos. La secuencia de los lugares, de Palo Seco 1 a Mishana 2, sigue aproximadamente el orden de disminución de la concentración de cationes y crecimiento del porcentaje de arena en el suelo. Las especies se presentan en orden alfabético por género. En la segunda columna se proporciona el número de colección de H. Tuomisto *et al.* que representa la especie

Los lugares son Palo Seco 1 (PS1), Tarapoto (Tarap), 7 de Julio (7 Julio), Gengen, Libertad Agraria km8 (L Agr 8), Ex Petroleros (Ex Petr), San Antonio 1 (S Ant 1), Carbajal km0 (Carb 0), Carbajal km2 (Carb 2), Palo Seco 2 (PS2), Momón 2 (Mom 2), 13 de Febrero arcilla (13F arc), Sant Ana (S Ana), Carbajal km4 (Carb 4), Carbajal km8 (Carb 8), Carbajal km 10 (Carb 10), Carbajal km12 (Carb 12), San Antonio 2 (S Ant 2), Nauta, Mishana 1 (Mish 1), Momón 1 (Mom 1), Maniti, Panguana 1 (Pang 1), Panguana 2 (Pang 2), Libertad Agraria km3 (L Agr 3), San Pedro (S Petr), 13 de Febrero arena (13F are), San Gerardo (S Ger), Carbajal km6 (Carb 6), Puerto Almendras (P Alm), Mishana 3 (Mish 3) y Mishana 2 (Mish 2).

Especie	no. col.	PS 1	Tarap	7 Julio	Gengen	L Agr 8	Ex Petr	S Ant 1	Carb 0	Carb 2	PS 2	Mom 2	13F arc	S Ana	Carb 4	Carb 8	Carb 10	Carb 12	S Ant 2	Nauta	Mish 1	Mom 1	Maniti	Pang 1	Pang 2	L Agr 3	S Petr	13F are	S Ger	Carb 6	P Alm	Mish 3	Mish 2	
<b>Adiantum</b>																																		
amazonicum A.R. Smith	4414	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
humile Kunze	7120	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
obliquum Willd.	8789	-	X	-	X	X	X	-	-	X	X	X	-	X	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
pulverulentum L.	6681	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
terminatum Kunze ex Miq.	6616	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	X	-	X	X	-	X	X	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	
tomentosum Kl.	5886	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	
sp. 3 (6694) ó sp. 4	8759	-	-	-	X	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	-	-
<b>Anetium</b>																																		
citrifolium (L.) Splitgb.	7140	-	X	-	X	-	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Antrophyum</b>																																		
cajenense (Desv.) Sprengel (9300) ó guayanense Hieron.	6447	-	-	-	X	X	-	X	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X	X	-	X	-	X	-	
<b>Arachniodes</b>																																		
macrostegia (Hooker) Tryon & Conant	6434	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	
<b>Asplenium</b>																																		
cirrhatum Willd.	7208	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
cuneatum Lam.	8848	-	X	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
hallii Hook.	5893	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
pearcei Baker	7177	X	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	
pseudoangustum Stolze	10040	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
serratum L.	8749	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	
stuebelianum Hieron.	6654	-	X	X	X	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	

## Apéndice 7.3 continuación

Especie	no. col.	PS 1	Tarap	7 Julio	Gengen	L Agr 8	Ex Petr	S Ant 1	Carb 0	Carb 2	PS 2	Mom 2	13F arc	S Ana	Carb 4	Carb 8	Carb 10	Carb 12	S Ant 2	Nauta	Mish 1	Mom 1	Maniti	Pang 1	Pang 2	L Agr 3	S Pedr	13F arc	S Ger	Carb 6	P Alm	Mish 3	Mish 2
<b>Bolbitis</b>																																	
lindigii (Mett.) C.Ch.	7151	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
nicotianifolia (Sw.) Alston	7179	X	X	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Campyloneurum</b>																																	
angustifolium (Sw.) Fée	8128	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
aphanophlebium (Kunze) Moore	7108	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fuscusquamatum Lellinger	7178	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
phyllitidis (L.) Presl	7134	-	X	-	X	X	X	-	-	X	-	X	-	X	-	-	X	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cnemidaria</b>																																	
ewanii (Alston) Tryon	4131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ctenitis</b>																																	
refulgens (Mett.) Vareschi	10922	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cyathea</b>																																	
amazonica R. C. Moran	9308	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
bradei (Windish) Lellinger	8856	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-
cuspidata Kunze	9613	X	X	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
asiosora (Mett. ex Kuhn) Domin	4761	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-
macrosora (Baker) Domin var. reginae (P.G. Windisch) A.R. Sm.	10186	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	
pungens (Willd.) Domin	9347	X	X	X	X	-	X	X	X	-	X	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
<b>Cyclodium</b>																																	
guianense (Klotzsch) van der Werff ex L.D. Gómez	8115	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
meniscioides (Willd.) Presl	7142	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
trianae (Mett.) A.R.Smith	8869	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Danaea</b>																																	
acuminata H.Tuomisto & R.C. Moran (ined.)	8806	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
leprieurii Kunze	6119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	-	X	-	X	X	-	-	-	-
nodosa (L.) J. E. Smith	6657	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ulei Christ	4757	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp. 1	6171	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Didymochlaena</b>																																	
truncatula (Sw.) J. Smith	3235	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Diplazium</b>																																	
grandifolium (Sw.)Sw. var. andicola Stolze	6649	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
striatum (L.) Presl	8704	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Elaphoglossum</b>																																	



Apéndice 7.3 continuación

Especie	
discolor (Kuhn) C.Chr.	
flaccidum (Fée) Moore	
killipii J.T. Mickel aff.	
luridum (Fée) Christ	
nigrescens (Hooker) Diels	
obovatum J.T. Mickel	
raywaense (Jenm.) Alston	
styriacum J.T. Mickel	
<b>Hypolepis</b>	
hostilis (Kunze) Presl	
<b>Lindsaea</b>	
bolivarensis V. Marcano	
divaricata Kl.	
falcata Dryand.	
guianensis Dryander	
hemiglossa K.U. Kramer	
lancea (L.) Bedd.	
phassa K.U. Kramer	
schomburgkii Klotzsch	
taeniata K.U. Kramer	
tetraptera K.U. Kramer	
sp. 1	
sp. 2	
sp. 3	
<b>Lomagramma</b>	
guianensis (Aubl.) Ching	
<b>Lomariopsis</b>	
fendleri D.C.Eaton	
japurensis (Martius) J. Smith	
latipinna Stolze	
nigropaleata Holttum	
prieuriana Fée	
sp. 1	
<b>Metaxya</b>	
rostrata (HBK.) Presl	

no. col.	PS 1	Tarap	7 Julio	Gengen	L Agr 8	Ex Petr	S Ant	Carb 0	Carb 2	PS 2	Mom 2	13F arc	S Ana	Carb 4	Carb 8	Carb 10	Carb 12	S Ant 2	Nauta	Mish 1	Mom 1	Maniti	Pang 1	Pang 2	L Agr 3	S Pedr	13F are	S Ger	Carb 6	P Alm	Mish 3	Mish 2	
6442	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
6162	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	
4726	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6499	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	
7749	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	
2583	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6182	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
6198	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X	
5227	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5868	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	-	X	-	-	-	
6117	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	X	-	X	-	X	X	X	
6425	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	X	-	X	-	X	X	X	
6176	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
7218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X	-	X	-	-	
4720	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	-	-	-	
8879	-	X	X	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3547	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	
8776	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6439	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	
8169	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	
10054	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7733	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6464	-	X	-	X	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8710	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
6630	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
8133	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8740	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	
8812	-	-	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	
8855	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8763	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	

Especie	no. col.	PS 1	Tarap 7 Julio	Gengen	L Agr 8	Ex Petr	S Ant 1	Carb 0	Carb 2	PS 2	Mom 2	13F arc	S Ana	Carb 4	Carb 8	Carb 10	Carb 12	S Ant 2	Naulta	Mish 1	Mom 1	Maniti	Pang 1	Pang 2	L Agr 3	S Petr 13F arc	S Ger	Carb 6	P Alm	Mish 3	Mish 2	
<b>Microgramma</b>																																
acatallela Alston	9386	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
baldwinii Brade	6455	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
fuscopunctata (Hooker) Vareschi	8781	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
megalophylla (Desv.) Sota	8732	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	
percussa (Cav.) Sota	8129	-	X	-	-	-	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
thurnii (Baker) Tryon & Stolze	4403	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	X	X	X	-	X	X	-	X	-	-	X	X	X	X	-	X
<b>Nephrolepis</b>																																
biserrata (Sw.) Schott	6173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	
rivularis (Vahl.) Mett. ex Krug	6469	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	-
<b>Niphidium</b>																																
crassifolium (L.) Lellinger	8125	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Pecluma</b>																																
hygrometrica (Splitg.) Price	3214	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
plumula (Willd.) Price	2697	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ptilodon (Kunze) Price var. pilosum (Evans) Stolze	9307	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Pityrogramma</b>																																
calomelanos (L.) Link	10142	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Pleopeltis</b>																																
macrocarpa (Willd.) Kaulf. var. laciniata Stolze	8892	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Polybotrya</b>																																
caudata Kze.	7100	X	X	X	X	-	X	X	-	X	X	X	-	X	X	X	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
crassirhizoma Lellinger	6633	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
glandulosa Kuhn	4778	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
osmundacea Willd.	7118	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-
pubens Mart.	6122	-	-	-	-	-	X	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-
sessilisora R.C.Moran	4435	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Polypodium</b>																																
bombycinum Maxon	10140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
caceresii Sodiro	8140	-	X	-	X	X	X	X	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
decumanum Willd.	8731	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
triseriale Sw.	2584	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Pteris</b>																																
propinqua J. Agardh	9395	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pungens Willd.	6696	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Apéndice 7.3 continuación

Especie	no. co	PS 1	Tarap	7 Julio	Gengen	L Agr	Ex Petr	S Ant	Carb 0	Carb 2	PS 2	Mom	13F arc	S Ana	Carb 4	Carb 8	Carb 10	Carb 12	S Ant	Nauta	Mish 1	Mom 1	Maniti	Pang 1	Pang 2	L Agr 3	S Petr	13F arc	S Ger	Carb 6	P Alm	Mish 3	Mish 2	
<b>Saccoloma</b>																																		
elegans Kaulfuss	8141	-	-	-	X	X	-	X	X	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
inaequale (Kunze) Mettenius	6632	X	X	-	X	-	X	X	-	X	X	X	-	X	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	-	X	-	-	-	-	
<b>Salpichlaena</b>																																		
hookeriana Alston	4771	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
volubilis (Kaulf.) J. Smith	6493	-	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
<b>Schizaea</b>																																		
elegans (Vahl.) Sw.	5894	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	X	-	-
<b>Selaginella</b>																																		
conduplicata Alston	6112	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
exaltata (Kunze) Spring	6697	-	X	X	-	-	X	X	X	X	-	X	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fragilis A. Braun	5889	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
geniculata (Presl) Spring	3228	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
haematodes (Kunze) Spring	10926	-	-	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
lechleri Hieron.	6104	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	X	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
palmiformis Alston ex Crabbe & Jermy	6102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
parkeri (Hook. & Grev.) Spring	8865	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	X	-	X	-	X	X	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	X	-	-	-
producta Baker	8854	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	X	-	-
revoluta Baker	10043	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	X	X	-	-
speciosa A. Br.	3231	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Stigmatopteris</b>																																		
heterophlebia (Baker) R.C. Moran	3362	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tectaria</b>																																		
antioquoiana (Baker) C.Chr.	8890	-	-	X	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
brauniana (Karst.) C. Chr.	4430	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
draconoptera (D.C.Eaton) Copel.	8712	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
incisa Cav. var. pilosa (Fée) Morton	10930	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
incisa Cav. f. vivipara (Jenm.) Morton	9342	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pubens R. C. Moran	8899	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sp. 4	6687	X	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Thelypteris</b>																																		
abrupta (Desv.) Proctor	9614	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
arcana (Maxon & Morton) Morton	7193	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
biformata (Rosenst.) Tryon	8896	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
leprieurii (Hooker) R.Tryon var. incana (Christ) A.R.Smith	9310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



## Apéndice 7.3 continuación

Especie	
lugubriformis (Rosenst.) R. Tryon	
macrophylla (Kunze) Morton	
opulenta (Kaulf.) Fosberg	
pennata (Poirot) Morton	
pennellii A.R.Sm. cf.	
tristis (Kunze) R. Tryon cf.	
<b>Trichomanes</b>	
accedens Presl	
arbuscula Desv.	
bicorne Hook.	
botryoides Kaulf.	
collariatum Bosch	
diversifrons (Bory) Mett.	
elegans Rich.	
hostmannianum (Kl.) Kunze	
martiusii Presl	
pedicellatum Desv. cf.	
pinnatum Hedwig (6485) ó T. sp. 1	
polypodioides L.	
tanaicum J.W. Sturm	
trollii Bergdolt	
<b>Triplophyllum</b>	
dicksonioides (Fée) Holttum	
funestum (Kze.) Holttum	
<b>Vittaria</b>	
costata Kunze	

no. col.	PS 1	Tarap	7 Julio	Gengen	L Agr 8	Ex Petr	S Ant 1	Carb 0	Carb 2	PS 2	Mom 2	13F arc	S Ana	Carb 4	Carb 8	Carb 10	Carb 12	S Ant 2	Nauta	Mish 1	Mom 1	Maniti	Pang 1	Pang 2	L Agr 3	S Petr	13F are	S Ger	Carb 6	P Alm	Mish 3	Mish 2	
9385	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8074	-	-	X	-	X	X	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3233	-	X	-	X	X	X	-	X	X	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	
9606	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8897	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10004	-	-	-	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8864	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	-	-	-	X	X	X	
6441	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	
6428	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	
8847	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8702	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7180	-	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	
6471	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X	-	-	X	X	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	
8106	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6436	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	
7133	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7103	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	-	X	-
8802	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8158	-	-	-	X	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6164	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6479	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	X	X	-	X	X	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
8176	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	-	X	X	-	-	-	X	X	X	-	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10046	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

## APÉNDICE 7.4. LAS MUESTRAS DE SUELO

Este apéndice presenta los resultados de los análisis de muestras superficiales y perforaciones más profundas (hechos con el muestreador Eijkelkamp) de suelos en el área de Iquitos. Las profundidades de las muestras se refieren a la profundidad después de haber quitado la capa de raíces y material orgánico sobre el suelo mineral.

Las localidades del muestreo están presentadas en el Mapa geoecológico (Anexo de este libro) y los lugares más exactos según la topografía de la mayoría de las muestras superficiales y perforaciones se ve en las figuras 1 y 2. Los análisis se ha realizado en cuatro diferentes laboratorios: ISRIC, Departamento de Geología de la Universidad de Turku, MTT (*Maatalouden tutkimuskeskus*, Jokioinen, Finlandia) y GTK (*Geologian tutkimuskeskus*, Helsinki, Finlandia). Los tres primeros laboratorios utilizaron la metodología del laboratorio de suelos del ISRIC, que está descrito en el capítulo 5, pero el GTK utilizó métodos diferentes en los siguientes casos:

### Fósforo

P-a) Extracción con 1 M KCl y después con 1 M  $\text{NH}_4\text{F}$  en pH 8,2, midiendo el fósforo colorimétricamente utilizando azul de molibdeno.

P-b) Se lava el material del punto a) con solución saturada de NaCl y después se extrae el fósforo con 0,1 M NaOH y lo mide colorimétricamente utilizando azul de molibdeno. Entre las extracciones y el lavado se centrifuga la muestra.

### Bases cambiables

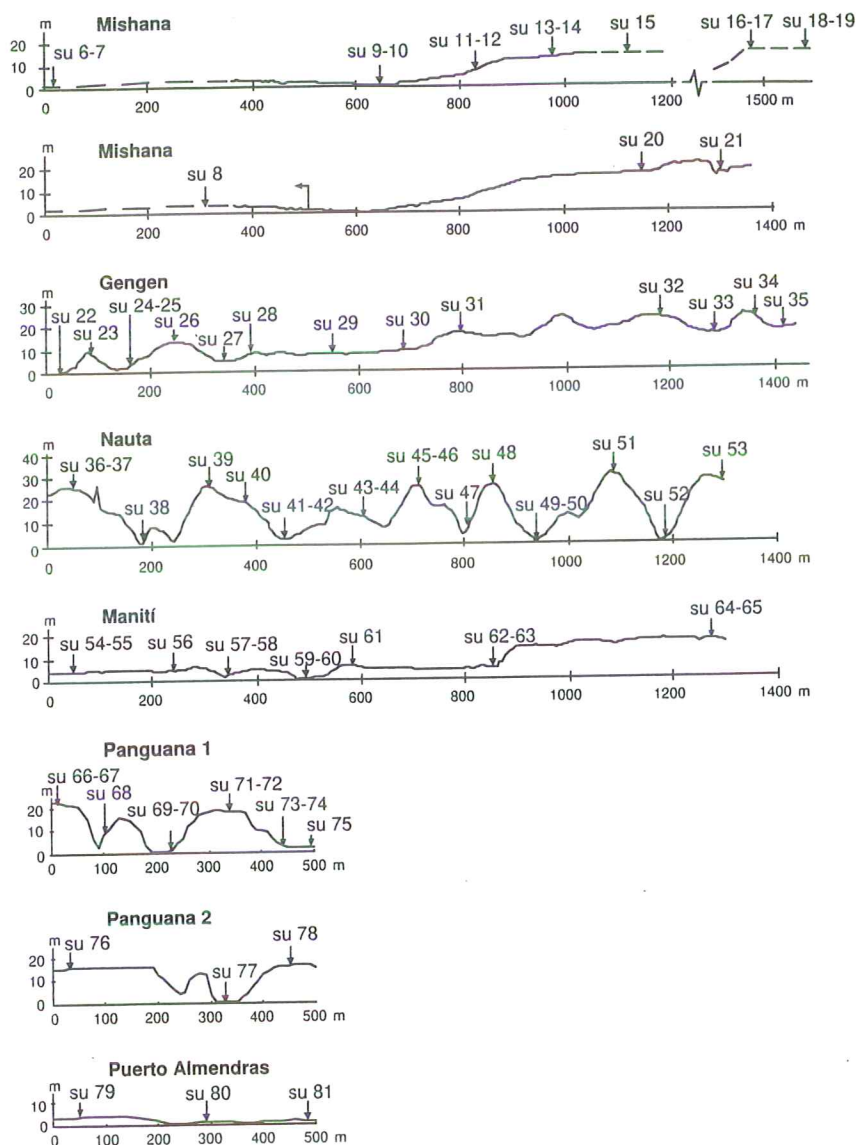
Ca, Mg, K, Na y Al fueron extraídos como en ISRIC, pero la determinación de la concentración se hizo con un analizador que en inglés se llama: "*induction coupled plasma analyzer*".

A partir de algunas de las perforaciones se hizo también descripciones del campo dando cuenta de la variación en la textura y en los colores medidos con la tabla de Munsell. Estas descripciones se presentan en la última parte del presente apéndice.

El apéndice contiene los siguientes componentes: dibujos de topografías de algunos lugares de trabajo; resultados de los análisis de las muestras superficiales; resultados de los análisis de las muestras obtenidas de las perforaciones profundas; y descripciones de campo de los perfiles estudiados.

Apéndice 7.4 continuación

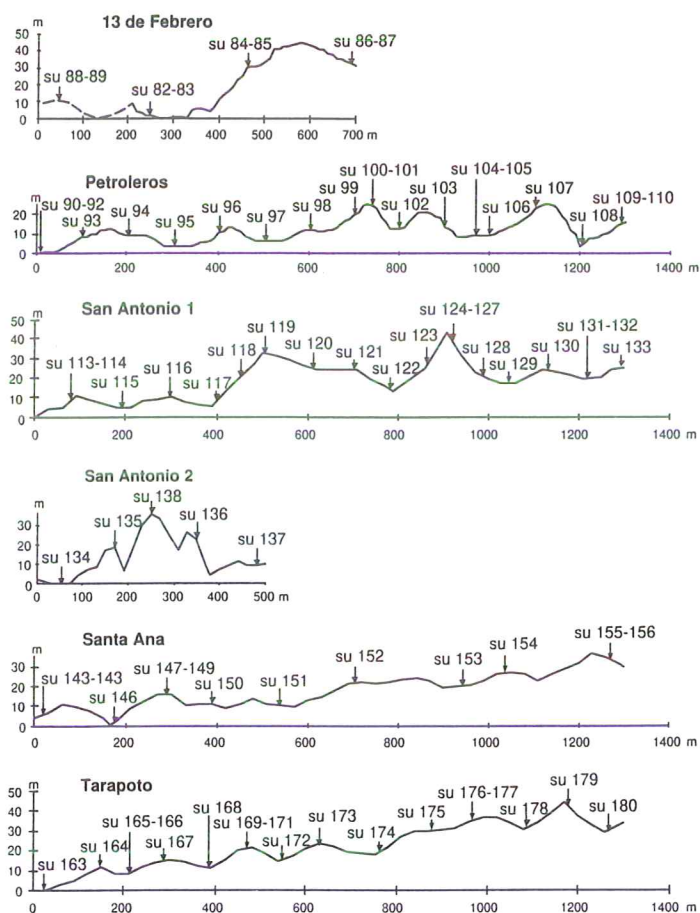
Las topografías de algunos lugares de trabajo de campo indicando los **puntos de muestreo de suelo superficial**. Las topografías han sido medidas con un clinómetro. En algunos sectores (marcados con línea quebrada) se ha estimado visualmente la topografía.





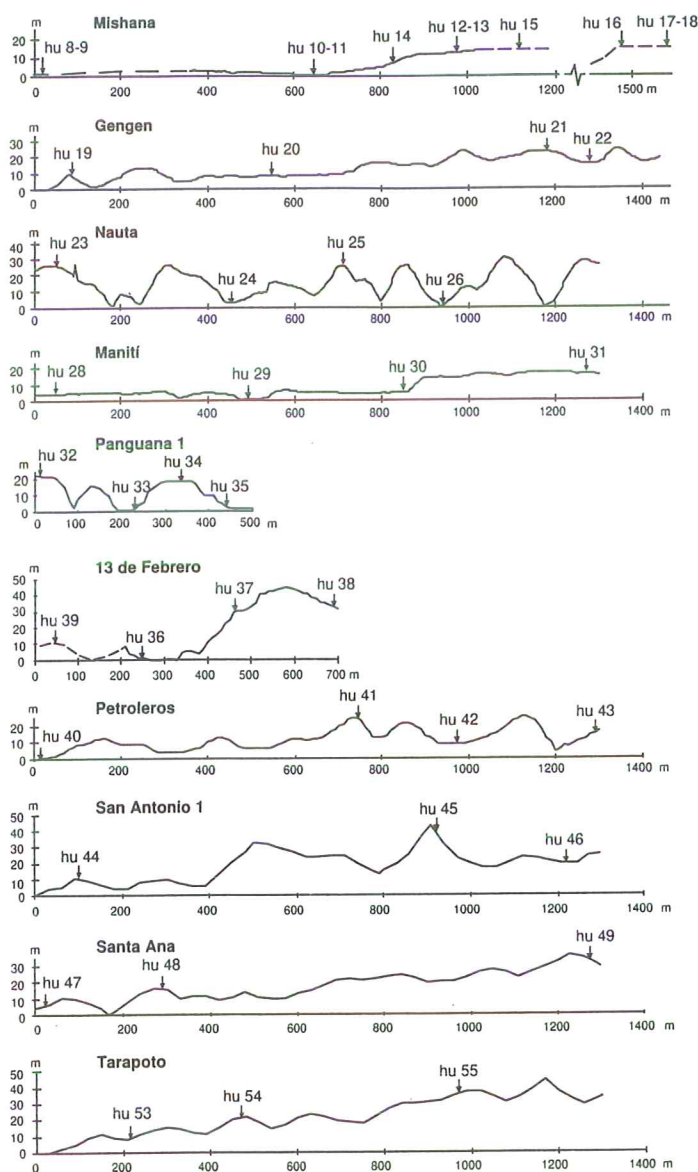
Apéndice 7.4 continuación

Las topografías de algunos lugares de trabajo de campo indicando los **puntos de muestreo de suelo superficial**. Las topografías han sido medidas con un clinómetro. En algunos sectores (marcados con línea quebrada) se ha estimado visualmente la topografía.



Apéndice 7.4 continuación

Las topografías de algunos lugares de trabajo de campo indicando los **puntos de muestreo de suelo de perforaciones más profundas**. Las topografías han sido medidas con un clinómetro. En algunos sectores (marcados con línea quebrada) se ha estimado visualmente la topografía.



Apéndice 7.4 continuación

Los resultados de los análisis de las muestras superficiales. El código se refiere al código de la localidad tal como se utiliza en el Mapa geoecológico (Anexo de este libro). Los tamaños granulométricos están dados en milímetros.

no.	codigo	topog.	profu.	lab.	K	Ca	Mg	Na	Al	pH	pH	EC	LOI	P-	P-a	P-b	Acid.
			cm		cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	agua	KCl	mS/ cm	%	Bray µg/g	µg/g	µg/g	comb.
su 1	3	plano	20-30	GTK	0,051	0,051	0,055	0,013	4,69		4,06		4,34		3,27	23,6	
su 2	3	plano	20-30	GTK	0,043	0,011	0,032	0,016	4,78		3,97		3,5		1,97	19,8	
su 3	3	plano	20-30	Turku	0,031	0,01	0,007	0,019	4,2	4,22				0,2			
su 4	4	colina	20-30	GTK	0,041	0,007	0,017	0,011	6,47		3,93		5,52		1,64	6,45	
su 5	4	colina	30-40	Turku	0,046	0,003	0,014	0,017	9,6	4,53				0,4			
su 6	31	plano	30-40	Turku	0,045	0	0,009	0,01	12	4,58				0,2			
su 7	31	plano	25-35	GTK	0,064	0,382	0,043	0,012	6,72		4,16		7,27		5,56	15	
su 8	31	plano	0-10	GTK	0,194	0,042	0,137	0,020	12,12		3,76		6,76		2,07	23	
su 9	32	plano	35-45	GTK	0,005	0,023	0,003	0,013	0,26		3,76		1,48		4,24	3,49	
su 10	32	plano	30-40	Turku	0,007	0	0	0,003	1,6	4,32				0,2			
su 11	32	cuesta	20-30	GTK	0,005	0,006	0,004	0,004	1,61		4,48		2,28		1,94	9,77	
su 12	32	cuesta	20-30	Turku	0,003	0	0	0,003	1,6	4,4				1,2			
su 13	32	colina	35-45	GTK	0,005	0,003	0,003	0,004	1,85		4,31		1,82		4,29	14,9	
su 14	32	colina	20-30	GTK	0,013	0,007	0,008	0,005	2,10		4,34		2,22		3,65	15,7	
su 15	32	colina	20-30	GTK	0,000	0,004	0,000	0,004	0		4,1		0,27		0,6	0	
su 16	32	colina	35-45	GTK	0,003	0,006	0,001	0,003	0,03		4,21		0,22		1,7	0,4	
su 17	32	colina	35-45	Turku	0,002	0,005	0	0,004	0,9	4,14				0,5			
su 18	32	colina	35-45	Turku	0,006	0,005	0,008	0,001	1,3	4,36				2,1			
su 19	32	colina	30-40	Turku	0,008	0	0,01	0,002	1,7	4,44				2,2			
su 20	32	colina	0-10	GTK	0,010	0,008	0,009	0,012	0,03		3,66		1,09		0,76	1,76	
su 21	32	valle	10-15	GTK	0,113	0,077	0,120	0,029	9,77		3,98		8,67		6,33	23,6	
su 22	1	valle	25-30	GTK	0,056	0,014	0,030	0,017	9,13		3,77		5,35		4,64	21,5	
su 23	1	colina	15-20	GTK	0,138	0,191	0,157	0,019	8,50		3,93		7,12		7,93	61,1	
su 24	1	valle	20-25	GTK	0,130	0,499	0,109	0,044	12,90		3,82		6,32		5,43	0	
su 25	1	valle	20-25	MTT	0,184	0,628	0,142	0,033	13,22					0,63			
su 26	1	colina	35-40	GTK	0,220	0,147	0,107	0,036	14,46		3,86		7,65		6,11	46,2	
su 27	1	valle	20-25	GTK	0,105	1,357	0,076	0,024	5,96		3,76		5,04		5,73	81,8	
su 28	1	colina	15-20	GTK	0,092	0,185	0,131	0,018	8,21		3,85		5,87		7	61,9	
su 29	1	plano	15-20	GTK	0,115	0,109	0,055	0,027	7,35		3,84		6,07		7,04	90,7	
su 30	1	plano	5-10	GTK	0,077	1,028	0,157	0,015	2,25		4,04		4,56		5,92	87,1	
su 31	1	colina	20-25	GTK	0,110	0,049	0,134	0,016	7,37		3,8		5,13		2,69	38,2	
su 32	1	colina	15-20	GTK	0,115	0,115	0,111	0,015	9,68		3,65		6,6		6,85	63,5	
su 33	1	valle	15-20	GTK	0,072	1,567	0,117	0,036	2,82		3,95		3,53		4,71	66,8	
su 34	1	colina	15-20	GTK	0,164	0,194	0,135	0,014	13,90		3,79		8,59		5,3	65,6	
su 35	1	valle	20-25	GTK	0,102	0,497	0,119	0,052	6,17		3,82		5,25		6,5	119	
su 36	104	colina	5-10	GTK	0,066	0,033	0,060	0,018	3,98		3,81		6,82		1,88	27,9	
su 37	104	colina	10-15	GTK	0,046	0,012	0,038	0,013	5,00		3,78		6,15		0,35	18,9	
su 38	104	valle	10-15	GTK	0,138	0,016	0,098	0,012	7,52		3,97		6,42		2,81	30,2	
su 39	104	colina	10-15	GTK	0,054	0,013	0,053	0,007	3,32		3,78		5,68		1,85	22,8	
su 40	104	cuesta	10-15	GTK	0,069	0,015	0,062	0,008	4,16		3,78		5,66		1,96	26,2	
su 41	104	valle	5-10	GTK	0,077	0,026	0,070	0,015	3,17		4,21		6,69		4	30,4	
su 42	104	valle	5-10	GTK	0,074	0,020	0,059	0,025	3,20		4,07		4,12		1,48	26,1	
su 43	104	cuesta	10-15	GTK	0,043	0,012	0,042	0,005	3,41		4		5,22		2,53	25,1	
su 44	104	cuesta	10-15	MTT	0,077	0,037	0,072	0,005	4,37					4,4			
su 45	104	colina	10-15	GTK	0,051	0,008	0,039	0,013	4,58		3,87		6,49		0,57	17,2	
su 46	104	colina	10-15	GTK	0,049	0,009	0,034	0,014	5,15		3,88		6,98		0,9	16,5	
su 47	104	valle	5-10	GTK	0,033	0,006	0,026	0,005	2,08		4,01		2,95		1,24	22	



Apéndice 7.4 continuación

no.	ECEC	CEC	Sat. bas. %	Org. C %	Kjel. N %	C/N	<0,002 %	0,002- 0,006 %	0,006- 0,02 %	0,02- 0,063 %	0,002- 0,05 %	<0,063 %	0,063- 0,25 %	0,25- 0,5 %	0,5- 2 %	0,05- 2 %
su 1												75,8				
su 2												77,2				
su 3																
su 4												89,7				
su 5																
su 6																
su 7												93,5				
su 8												94				
su 9												23,4				
su 10																
su 11												44,6				
su 12																
su 13												36,2				
su 14												43,3				
su 15												7,4				
su 16												11,5				
su 17																
su 18																
su 19																
su 20												22,4				
su 21												48,4				
su 22												94,7				
su 23												76			0	
su 24												69,1				
su 25							2	9	11	56			22	0	0	
su 26												96,5				
su 27												95,9				
su 28												71,9				
su 29												94,5				
su 30												78,1				
su 31												87,2				
su 32												87				
su 33												90,2				
su 34												92,1				
su 35												83,6				
su 36												58,4				
su 37												67,4				
su 38												74,8				
su 39												41				
su 40												48,2				
su 41												52,6				
su 42												50,6				
su 43												49,2				
su 44							1	2	8	27			49	12	1	
su 45												54,4				
su 46												58,6				
su 47												34,8				

Apéndice 7.4 continuación

no.	codigo	topog.	profu.	lab.	K	Ca	Mg	Na	Al	pH	pH	EC	LOI	P-	P-a	P-b	Exch.
			cm		cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	agua	KCl	mS/ cm	%	Bray µg/g	µg/g	µg/g	acid.
su 48	104	colina	5-10	GTK	0,066	0,011	0,066	0,008	6,79		3,76		7,54		2,42	24,4	
su 49	104	valle	10-15	GTK	0,018	0,005	0,012	0,004	1,79		4		2,28		0,64	11,2	
su 50	104	valle	5-10	GTK	0,090	0,022	0,116	0,012	2,08		3,62		6,15		5,95	43,8	
su 51	104	colina	10-15	GTK	0,061	0,011	0,053	0,009	3,20		3,89		6,45		3,41	22,2	
su 52	104	valle	5-10	GTK	0,036	0,010	0,059	0,005	1,56		4,05		2,28		0,36	15,5	
su 53	104	colina	10-15	GTK	0,059	0,008	0,054	0,006	4,56		3,79		5,36		3,66	27,5	
su 54	7	plano	10-15	GTK	0,043	0,009	0,049	0,008	2,32		4,24		4,43		3,27	43,1	
su 55	7	plano	5-10	GTK	0,041	0,016	0,045	0,007	2,15		4,1		4,35		3,35	45,3	
su 56	7	plano	5-10	GTK	0,072	0,011	0,071	0,009	4,66		3,81		6,82		8,01	60,5	
su 57	7	valle	5-10	GTK	0,059	0,013	0,066	0,008	4,33		3,79		5,62		6,94	61,1	
su 58	7	valle	5-10	MTT	0,090	0,028	0,090	0,010	4,19				6,16				
su 59	7	valle	5-10	GTK	0,064	0,011	0,048	0,010	2,02		4,11		4,55		6,72	39,1	
su 60	7	valle	5-10	GTK	0,051	0,013	0,048	0,010	0,97		3,9		2,79		10,5	25,9	
su 61	7	colina	5-10	GTK	0,090	0,021	0,098	0,010	6,48		3,68		8,22		10,4	60,4	
su 62	7	plano	5-10	GTK	0,054	0,016	0,081	0,006	4,09		3,81		7,66		41,8	52,4	
su 63	7	plano	10-15	GTK	0,171	0,049	0,183	0,019	3,58		3,72		9,14		20,8	65	
su 64	7	plano	5-10	GTK	0,118	0,020	0,121	0,012	5,99		3,62		10,32		18,8	77,8	
su 65	7	plano	5-10	GTK	0,102	0,016	0,159	0,013	4,19		3,62		10,08		14,7	59,7	
su 66	28	colina	10-25	ISRIC	0	0	0,07	0	4,1		3,9		4,4	0,90			5
su 67	28	colina	5-20	ISRIC	0,08	0	0,07	0,07	4,6		3,9		3,96	0,70			4,8
su 68	28	cuesta	5-20	MTT	0,071	0,178	0,062	0,038	4,89		4,04		7,25	1,75			
su 69	28	valle	10-30	MTT	0,022	0,057	0,016	0,012	1,78		3,98		3,37	1,19			
su 70	28	valle	5-20	ISRIC	0,06	0	0,07	0,04	2,9		3,9		4,39	0,60			3,6
su 71	28	colina	10-25	ISRIC	0,04	0	0,07	0			3,9		4,18	0,50			4,9
su 72	28	colina	10-25	ISRIC	0,04	0	0,07	0,04	4,3		3,9		5,48	1,30			5,1
su 73	28	valle	20-30	ISRIC	0,04	0	0,03	0,04	3,6		3,8		2,14	0,00			3,8
su 74	28	valle	15-25	ISRIC	0,02	0	0,03	0,18	3,6		4		3,28	0,30			3,6
su 75	28	valle	5-20	MTT	0,102	0,196	0,081	0,025	4,86		3,8		4,92	0,84			
su 76	30	plano	5-25	MTT	0,040	0,037	0,030	0,016	2,35		4,14		3,37	0,84			
su 77	30	valle	10-20	MTT	0,036	0,090	0,056	0,016	2,22		3,81		1,96	1,96			
su 78	30	colina	5-20	MTT	0,039	0,031	0,037	0,011	3,58		3,83		3,62	0,91			
su 79	13	plano	0-7	MTT	0,046	0,034	0,038	0,002	1,46		3,86		2,04	8,68			
su 80	13	plano	0-5	MTT	0,050	0,032	0,042	0,004	0,19		2,91		3,61	4,41			
su 81	13	plano	0-7	MTT	0,177	0,091	0,128	0,011	0,09		2,9		3,89	6,99			
su 82	57	valle	1-5	ISRIC	0,21	0	0,17	0	5,4		3,6		4,65	1,10			6,4
su 83	57	valle	0,5-5	ISRIC	0,04	0	0,07	0	2,2		3,6		2,41	1,70			2,9
su 84	57	cuesta	2-10	ISRIC	0,02	0	0,03	0	0,7		3,6		1,2	3,20			0,8
su 85	57	cuesta	5-10	ISRIC	0,02	0	0,03	0	0,7		3,7		1,41	1,60			1
su 86	57	valle	5-10	ISRIC	0,08	0	0,07	0,04	0,5		3,6		2,15	3,80			1
su 87	57	valle	0-5	ISRIC	0,1	0	0,1	0	1,1		3,7		2,66	6,20			1,7
su 88	57	colina	0-5	ISRIC	0,21	0,21	0,17	0,07	7,6		3,7		6,24	0,90			8,9
su 89	57	colina	0-5	ISRIC	0,26	3,53	0,65	0	4,2		3,7		9,84	1,70			5,1
su 90	66	valle	0-5	MTT	0,183	0,462	0,235	0,008	11,06		3,65		6,31	4,2			
su 91	66	valle	0-5	ISRIC	0,15	0,62	1,59	0,07	5		3,4		5,59	5,50			6,5
su 92	66	valle	0-5	ISRIC	0,21	1,25	0,41	0	7,2		3,6		6,04	4,30			8,1
su 93	66	cuesta	0-5	MTT	0,135	3,156	0,571	0,014	4,93		3,68		6,15	8,61			
su 94	66	colina	0-5	MTT	0,122	0,868	0,145	0,013	6,26		3,88		6,72	4,05			
su 95	66	valle	0-5	MTT	0,092	3,863	0,355	0,020	1,28		4,13		3,26	2,1			
su 96	66	colina	0-5	MTT	0,109	3,106	0,271	0,011	9,81		3,59		6,42	4,26			
su 97	66	valle	0-5	MTT	0,161	6,243	0,188	0,014	7,33		3,7		7,64	5,32			
su 98	66	colina	0-5	MTT	0,076	1,644	0,231	0,006	2,06		3,87		4,1	6,78			

Apéndice 7.4 continuación

no.	ECEC	CEC	Sat. bas. %	Org. C %	Kjel. N %	C/N	<0,002 %	0,002- 0,006 %	0,006- 0,02 %	0,02- 0,063 %	0,002- 0,05 %	<0,063 %	0,063- 0,25 %	0,25- 0,5 %	0,5- 2 %	0,05- 2 %
su 48												63,3				
su 49												37,3				
su 50												36,8				
su 51												44,4				
su 52												33,1				
su 53												47,7				
su 54												46				
su 55												41,2				
su 56												53,6			1	
su 57												42,1				
su 58							1	0	6	29			24	39	1	
su 59												29				
su 60												6,6				
su 61												53,6				
su 62												67,8				
su 63												61				
su 64												53,5				
su 65												45,3				
su 66	5,1	7,3		1			34				22,2					43,8
su 67	5,1	8,24		3	1,27		33				22,3					44,6
su 68							36	4	5	24			27	4	0	
su 69							21	2	5	25			41	6	0	
su 70	3,8	6,56		3	1,37		27,5				16,4					56,1
su 71	5	8,78		1	1,3		33,4				20,5					46,1
su 72	5,2	9,49		2			32,6				21					46,4
su 73	3,8	5,85		2	0,52		31,2				19,9					48,9
su 74	3,8	6,56		4			28,8				19,4					51,8
su 75							31	9	17	37			6	0	0	
su 76							22	1	6	32			38	1	0	
su 77							11	5	12	47			24	1	0	
su 78							19	3	11	49			16	2	0	
su 79							1	1	1	4			10	73	10	
su 80							1	2	3	7			16	63	8	
su 81							1	1	4	18			42	29	5	
su 82	6,8	10,11		4	2,05		19,4				37,3					43,3
su 83	3	4,92		2			7,5				23,3					69,2
su 84	0,8	1,22		4	0,64		1,7				9,7					88,5
su 85	1	1,57		3			3,5				6					90,5
su 86	1,2	2,46		7	1,09		4,3				33,8					61,4
su 87	1,9	2,81		7			5,4				15,5					79,1
su 88	9,6	15,05		4	2,74		32,1				51,6					16,3
su 89	9,6	19,9		22			30,8				52,3					16,9
su 90							28	9	21	41			1	0	0	
su 91	8,9	13,79		18	2,66		29,7				58,2					12,2
su 92	9,9	16,82		11			35,3				57,6					7,1
su 93							32	9	20	33			4	1	1	
su 94							30	7	15	27			19	1	1	
su 95							21	10	21	40			6	1	1	
su 96							38	11	16	23			11	1	0	
su 97							41	10	17	25			6	1	0	
su 98							14	4	10	15			55	2	0	



Apéndice 7.4 continuación

no.	codigo	topog.	profu.	lab.	K	Ca	Mg	Na	Al	pH	pH	EC	LOI	P-	P-a	P-b	Exch.
			cm		cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	agua	KCl	mS/ cm	%	Bray µg/g	µg/g	µg/g	acid.
su 99	66	colina	0-5	MTT	0,604	2,595	0,934	0,022	5,19		3,8		5,14	6,51			
su 100	66	colina	0-5	ISRIC	0,28	0,84	0,59	0	11,7		3,4		7,79	10,90			13,1
su 101	66	colina	0-5	ISRIC	0	0,41	0,13	0,04	3,2		3,5		5,95	7,20			4,3
su 102	66	valle	0-5	MTT	0,168	0,281	0,310	0,006	15,04		3,63		7,44	6,86			
su 103	66	cuesta	0-5	MTT	0,110	1,742	0,183	0,010	7,57		3,79		4,75	2,31			
su 104	66	valle	0-5	ISRIC	0,19	1,44	0,34	0,04	7,1		3,5		4,53	6,30			7,9
su 105	66	valle	0-5	ISRIC	0,15	0,82	0,27	0,07	8		3,3		5,77	4,50			8,8
su 106	66	valle	0-5	MTT	0,202	1,346	0,520	0,014	10,97		3,62		6,41	9,65			
su 107	66	colina	0-5	MTT	0,145	2,106	1,074	0,016	4,36		3,83		5,55	6,5			
su 108	66	valle	0-5	MTT	0,169	0,593	0,657	0,016	9,40		3,72		6,81	7,49			
su 109	66	colina	0-5	ISRIC	0,15	0,62	0,41	0,07	9		3,5		5,22	2,00			10,3
su 110	66	colina	0-5	ISRIC	0,24	0,63	0,59	0,22	14,5		3,4		6,73	3,20			15,7
su 111	40	plano	0-15	ISRIC	0,02	0,21	0,07	0,07	0	4,9	3,2	0,08		3,34			0,5
su 112	40	plano	0-8	ISRIC	0,02	0	0,03	0,17	0,44	4,4	3,6	0,12		1,67			0,6
su 113	112	colina	0-10	ISRIC	0	0,2	0,1	0	1,8	3,9	3,5	0,12		3,80			2,4
su 114	112	colina	0-5	ISRIC	0,12	0,61	0,27	0	2,3		3,6			3,4			2,9
su 115	112	valle	0-5	MTT	0,241	2,486	0,853	0,022	5,64		3,8		9,82	5,25			
su 116	112	colina	0-5	MTT	0,157	0,265	0,309	0,010	10,70		3,43		8,75	7,13			
su 117	112	valle	0-5	ISRIC	0,24	1,26	0,69	0,02	11,2		3,7			3,1			11,2
su 118	112	cuesta	0-5	MTT	0,150	0,700	0,559	0,025	8,34		3,55		6,73	3,92			
su 119	112	colina	0-5	MTT	0,115	0,387	0,176	0,014	3,04		3,72		4,83	9,38			
su 120	112	colina	0-5	MTT	0,086	0,369	0,130	0,032	2,98		3,72		3,86	6,63			
su 121	112	colina	0-5	MTT	0,202	0,628	0,397	0,034	10,65		3,62		8,38	7,14			
su 122	112	valle	0-5	MTT	0,179	2,334	1,195	0,016	3,80		4,11		7,82	1,47			
su 123	112	cuesta	0-5	MTT	0,119	0,213	0,164	0,017	3,45		3,76		4,91	9,24			
su 124	112	colina	0-5	MTT	0,143	0,391	0,295	0,028	3,49		3,7		5,16	14,7			
su 125	112	colina	0-5	ISRIC	0,2	0,61	0,24	0,2	4,6		3,4			2,9			4,8
su 126	112	colina	0-10	ISRIC	0,08	0,21	0,17	0	5,6		3,5			3,5			5,9
su 127	112	colina	0-10	MTT	0,221	0,196	0,273	0,009	5,11					0,49			
su 128	112	cuesta	0-5	MTT	0,117	1,536	0,469	0,009	3,47		3,82		4,15	8,81			
su 129	112	valle	0-5	MTT	0,220	1,903	0,777	0,006	6,44		3,66		7,37	8,25			
su 130	112	colina	0-5	MTT	0,119	0,148	0,183	0,012	7,89		3,53		6,64	6,29			
su 131	112	valle	0-5	ISRIC	0,24	0,21	0,24	0,1	8,7		3,5			2,9			8,8
su 132	112	valle	0-10	ISRIC	0,21	0	0,24	0,05	10,1		3,5			2,9			11,6
su 133	112	cuesta	0-5	MTT	0,114	0,156	0,154	0,011	5,73		3,67		6,01	6,51			
su 134	111	valle	0-5	MTT	0,088	0,257	0,151	0,010	3,07		3,8		3,94	6,22			
su 135	111	colina	0-5	MTT	0,140	0,159	0,142	0,028	6,76		3,48		7,06	3,5			
su 136	111	colina	0-5	MTT	0,115	0,045	0,109	0,046	7,67		3,59		6,18	2,31			
su 137	111	valle	0-5	MTT	0,081	0,046	0,100	0,010	4,05		3,7		4,31	3,15			
su 138	111	colina	0-5	MTT	0,120	0,105	0,130	0,023	6,82		3,76		5,62	3,15			
su 139	53		0-5	MTT	0,235	15,304	1,376	0,014	0,07		4,54		9,36	11,1			
su 140	53		0-5	MTT	0,175	3,434	1,085	0,014	8,64		3,7		6,48	10,5			
su 141	53		0-5	MTT	0,170	8,119	0,492	0,035	1,23		4,02		6,48	8,47			
su 142	52	valle	0-5	MTT	0,034	0,055	0,042	0,002	0,11		2,64		3,49	6,72			
su 143	81	valle	0-5	MTT	0,166	0,147	0,193	0,010	6,86					0			
su 144	81	valle	0-5	ISRIC	0,18	0,21	0,24	0,01	5,3		3,8			0,6			6,5
su 145	81	valle	0-10	ISRIC	0,2	0	0,21	0,01	7,3		3,7			0			8,4
su 146	81	valle	0-5	MTT	0,150	0,389	0,253	0,003	7,64		3,67		6,37	1,12			
su 147	81	colina	0-5	MTT	0,181	0,090	0,192	0,020	12,75		3,46		9,47	1,4			
su 148	81	colina	0-5	ISRIC	0,2	0	0,24	0,01	8,7		3,5			0,4			9,2
su 149	81	colina	0-10	ISRIC	0,17	0	0,14	0	12,1		3,5			0,4			13,4

Apéndice 7.4 continuación

no.	ECEC	CEC	Sat. bas. %	Org. C %	Kjel. N %	C/N	<0,002 %	0,002- 0,006 %	0,006- 0,02 %	0,02- 0,063 %	0,002- 0,05 %	<0,063 %	0,063- 0,25 %	0,25- 0,5 %	0,5- 2 %	0,05- 2 %
su 99							34	5	11	18			27	2	3	
su 100	14,8	23,92	7				41				36,5					22,1
su 101	4,8	12,06	5	2,92			20,9				39					39,7
su 102							51	9	19	17			3	0	1	
su 103							34	10	18	30			7	1	0	
su 104	9,8	15,41	13	2,34			33,1				55,6					11,2
su 105	10,1	15,58	8				32,5				41,7					25,5
su 106							23	20	36	17			2	1	1	
su 107							26	5	11	22			34	1	1	
su 108							40	8	23	24			3	1	1	
su 109	11,5	15,92	8	2,11			32				57,1					10,5
su 110	17,3	21,73	8				46,3				45,7					7,5
su 111	0,9	1,9	21	0,79	0,05	15	0,3				10,9					88,8
su 112	0,8	1	20	0,41	0,04	11	1,8				6,1					92,1
su 113	2,7	3,2	9	0,89	0,09	10	7,3				23					69,7
su 114	3,9	8,51	12	2,42	0,21	11	10,7				27,2					62,1
su 115							24	6	13	22			24	9	2	
su 116							36	10	20	21			9	3	1	
su 117	13,4	21,73	10	4,74	0,42	11	38,5				48,1					13,5
su 118							21	7	15	39			13	4	1	
su 119							10	3	8	18			30	28	3	
su 120							8	4	6	20			47	14	1	
su 121							33	12	17	22			12	3	1	
su 122							13	8	15	31			29	3	1	
su 123							5	2	7	37			43	5	1	
su 124							10	3	13	31			27	12	4	
su 125	6	10,82	12	2,75	0,23	12	20,7				21					58,3
su 126	6,4	12,54	4	2,65	0,25	11	24,2				24,7					51,1
su 127																
su 128							13	5	12	38			25	6	1	
su 129							16	7	14	33			24	4	2	
su 130							17	7	12	25			30	8	1	
su 131	9,5	16,46	5	3,69	0,35	11	26,7				44,2					29,1
su 132	12	18,99	3	3,46	0,34	10	32				31,2					36,8
su 133							0	2	8	31			48	11	0	
su 134							1	2	9	36			49	3	0	
su 135							tres fracciones en total 35			34			26	4	1	
su 136							tres fracciones en total 43			20			27	9	1	
su 137							19	3	4	22			44	7	1	
su 138							1	6	39	35			17	1	1	
su 139							1	5	19	64			9	1	1	
su 140							tres fracciones en total 60			29			9	1	1	
su 141							18	6	22	42			9	2	1	
su 142							0	0	2	7			18	54	19	
su 143																
su 144	7,1	16,64	4	3,32	0,30	11	28,8				45					26,2
su 145	8,8	27,13	2	2,8	0,27	10	35,6				44,3					20,1
su 146							21	6	14	52			6	1	0	
su 147							37	12	24	24			2	1	0	
su 148	9,6	21,37	2	3,64	0,34	11	41				50,5					8,5
su 149	13,7	20,09	2	2,12	0,25	9	44,5				49,4					6,1

Apéndice 7.4 continuación

no.	codigo	topog.	profu.	lab.	K	Ca	Mg	Na	Al	pH	pH	EC	LOI	P-	P-a	P-b	Exch.
			cm		cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	agua	KCl	mS/ cm	%	Bray µg/g	µg/g	µg/g	acid.
su 150	81	cuesta	0-5	MTT	0,125	0,101	0,128	0,019	7,65		3,42		5,96	1,75			
su 151	81	valle	0-5	MTT	0,177	0,481	0,183	0,013	9,23		3,76		8,34	4,69			
su 152	81	colina	0-5	MTT	0,154	0,135	0,150	0,005	11,68		3,55		8,44	1,96			
su 153	81	valle	0-5	ISRIC	0,19	0	0,21	0,08	9,9		3,5			3,5			10,7
su 154	81	colina	0-5	MTT	0,187	0,074	0,172	0,005	14,86		3,48		9,62	1,61			
su 155	81	colina	0-5	ISRIC	0,17	0,21	0,21	0,03	9,6		3,5			1,8			10,3
su 156	81	colina	0-10	ISRIC	0,32	0	0,11	0,03	12,9		3,4			0,4			13
su 157	83	colina	0-10	MTT	0,194	0,432	0,230	0,011	10,57		3,5		7,99	3,78			
su 158	83	valle	0-5	MTT	0,208	3,866	0,408	0,036	5,82		3,75		6,34	1,4			
su 159	83	colina	0-5	MTT	0,220	10,534	1,084	0,014	2,44		4		8,7	3,01			
su 160	82	plano	0-10	MTT	0,088	0,077	0,097	0,005	7,19		3,81		6,35	2,1			
su 161	82	valle	0-5	MTT	0,093	0,073	0,101	0,010	4,00		4,01		6,55	1,33			
su 162	82	plano	0-5	MTT	0,106	0,037	0,095	0,009	4,65		3,86		8,98	1,54			
su 163	8	valle	0-5	MTT	0,329	4,288	0,459	0,038	10,46		3,78		10,9	4,48			
su 164	8	colina	0-5	MTT	0,172	1,867	0,708	0,010	6,92		3,72		7,03	6,51			
su 165	8	valle	0-10	ISRIC	0,15	7,25	1,37	0,04	5,6		3,6			3,5			6,1
su 166	8	valle	1-6	ISRIC	0,21	8,12	0,82	0,04	1,2		3,8			6,5			1,9
su 167	8	colina	0-5	MTT	0,185	2,652	0,876	0,015	6,82		3,88		7,08	5,53			
su 168	8	valle	0-5	MTT	0,175	9,037	1,199	0,036	3,07		3,8		7,42	4,9			
su 169	8	colina	0-5	ISRIC	0,21	16,67	2,75	0,01	0,1		4,1			2,8			
su 170	8	colina	0-5	MTT	0,208	12,989	2,489	0,020	0,40					6,99			
su 171	8	colina	0-10	ISRIC	0,17	12,83	1,25	0,01	1,5		3,9			0,6			
su 172	8	valle	0-5	MTT	0,182	9,112	0,994	0,025	1,01		4,38		9,11	15,1			
su 173	8	colina	0-5	MTT	0,214	9,476	2,039	0,022	1,59		3,98		6,15	2,38			
su 174	8	valle	0-5	ISRIC	0,28	7,4	0,73	0,02	7,1		3,7			8,9			7,6
su 175	8	cuesta	0-5	MTT	0,199	13,209	0,887	0,018	0,06		4,62		6,06	2,17			
su 176	8	colina	0-5	ISRIC	0,21	17,47	3,09	0,01	0,4		3,9			2,6			0,9
su 177	8	colina	0-10	ISRIC	0,29	30,97	3,8	0	0		5,3			1,9			0,2
su 178	8	valle	0-5	MTT	0,136	2,781	0,659	0,014	3,11		3,77		4,6	7,49			
su 179	8	colina	0-5	MTT	0,146	0,717	0,327	0,019	4,93		3,62		4,72	12,8			
su 180	8	valle	0-5	MTT	0,130	3,861	0,346	0,038	4,31		3,72		4,9	6,08			
su 181	90	colina	0-5	MTT	0,182	1,531	0,560	0,007	5,57		3,46		6,4	9,73			
su 182	90	valle	0-5	MTT	0,162	0,612	0,267	0,022	8,52		3,54		7,4	7,56			
su 183	91	colina	0-5	MTT	0,113	0,157	0,174	0,030	10,53		3,65		6,3	2,59			
su 184	91	valle	0-5	MTT	0,177	0,610	0,341	0,060	10,29		3,5		6,44	9,24			
su 185	92	valle	0-5	MTT	0,152	0,255	0,257	0,039	8,14		3,95		8,78	1,12			
su 186	92	colina	0-5	MTT	0,086	0,039	0,090	0,023	5,94		3,6		5,69	1,19			
su 187	93	plano	0-5	MTT	0,271	0,192	0,437	0,070	0,41		2,39		34,66	5,32			
su 188	94	valle	0-5	MTT	0,049	1,596	0,448	0,024	0,51		4,21		3,71	2,38			
su 189	94	colina	0-5	MTT	0,111	0,072	0,111	0,027	6,30		3,54		5,69	1,05			
su 190	95	valle	0-5	MTT	0,114	0,587	0,157	0,020	4,85		3,9		5,34	1,47			
su 191	95	colina	0-5	MTT	0,059	0,051	0,058	0,015	3,66		3,62		3,46	1,82			
su 192	96	valle	0-5	MTT	0,121	0,105	0,158	0,029	7,61		3,58		5,92	1,4			
su 193	96	colina	0-5	MTT	0,095	0,061	0,123	0,021	6,22		3,57		6,06	1,61			
su 194	101	plano	0-5	MTT	0,079	0,031	0,072	0,005	7,34		3,69		7,8	1,96			
su 195	101	plano	0-5	MTT	0,079	0,021	0,080	0,011	6,63		3,64		6,4	2,03			
su 196	101	plano	0-5	MTT	0,047	0,022	0,050	0,010	1,80		4,08		2,6	2,1			
su 197	102	colina	0-5	MTT	0,189	10,746	0,387	0,024	0,61		4,39		8,5	1,68			
su 198	102	valle	0-5	MTT	0,120	6,314	0,381	0,013	0,42		4,37		4,3	1,33			
su 199	102	colina	0-5	MTT	0,141	2,961	0,185	0,026	3,83		3,78		4,4	4,55			



Apéndice 7.4 continuación

no.	ECEC	CEC	Sat. bas. %	Org. C %	Kjel. N %	C/N	<0,002 %	0,002- 0,006 %	0,006- 0,02 %	0,02- 0,063 %	0,002- 0,05 %	<0,063 %	0,063- 0,25 %	0,25- 0,5 %	0,5- 2 %	0,05- 2 %
su 150							26	12	25	31			4	1	1	
su 151							21	6	15	41			15	1	1	
su 152							34	8	17	31			7	1	2	
su 153	11,2	20,26	2	3,49	0,33	10	34,3				53,6					12,1
su 154							48	10	13	22			5	1	1	
su 155	10,9	17,9	3	3,1	0,32	10	34,7				55,2					10,1
su 156	13,4	0,45	19	1,78	0,22	8	41,9				51,3					6,9
su 157							1	11	20	49			17	1	1	
su 158							81	0	0	13			4	1	1	
su 159							2	11	30	51			4	1	1	
su 160							24	2	10	29			21	11	3	
su 161							18	2	9	43			23	4	1	
su 162							18	2	9	39			20	9	3	
su 163							16	27	36	20			1	0	0	
su 164							1	4	39	51			3	1	1	
su 165	14,8	8,8	18	2,24	0,29	8	34,5				59,6					6
su 166	11	9,2	17	2,86	0,32	9	24,4				66,1					9,5
su 167							4	13	34	45			1	1	2	
su 168							6	15	27	50			2	0	0	
su 169	20	19,64	25	3,11	0,37	8	34,1				61,9					4
su 170																
su 171	16,1	14,26	21	1,82	0,22	8	37,2				59,7					3,1
su 172							11	11	27	42			7	1	1	
su 173							7	20	40	30			1	1	1	
su 174	16	8,43	23		0,46		40,1				54,6					5,3
su 175							8	19	40	31			1	1	0	
su 176	21,7	20,79	26	3,27	0,33	10	39,1				57,2					3,7
su 177	35,3	33,34	105	3,74	0,45	8	56,3				37,9					5,8
su 178							2	9	18	38			32	1	0	
su 179							11	4	7	33			43	1	1	
su 180							20	10	10	32			26	1	1	
su 181							28	13	17	37			4	1	0	
su 182							32	8	13	38			7	2	0	
su 183							27	11	18	39			5	0	0	
su 184							25	8	11	42			14	0	0	
su 185							20	8	12	36			18	4	2	
su 186							0	2	29	34			32	2	1	
su 187							0	0	9	38			45	6	2	
su 188							0	0	1	30			62	5	2	
su 189							5	5	37	22			26	5	0	
su 190							24	6	8	35			24	3	0	
su 191							7	5	15	15			42	15	1	
su 192							18	8	7	37			27	2	1	
su 193							27	3	8	20			37	5	0	
su 194							31	4	8	21			20	13	3	
su 195							31	3	11	21			23	9	2	
su 196							10	2	6	13			47	19	3	
su 197							22	20	26	22			8	0	2	
su 198							18	6	18	27			18	11	2	
su 199							19	5	21	36			17	1	1	

Apéndice 7.4 continuación

Los resultados de los análisis de las muestras extraídas de las perforaciones más profundas. El código se refiere al código de la localidad como se utiliza en el Mapa geoecológico (Anexo de este libro). Los tamaños granulométricos están dados en milímetros.

no.	codigo	topog.	profu.	lab.	K	Ca	Mg	Na	Al	pH	pH	EC	LOI	P-	P-a
			cm		cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	agua	KCl	mS/ cm	%	Bray µg/g	µg/g
hu 1	3	plano	20-30	GTK	0,051	0,051	0,055	0,013	4,69		4,06		4,34		3,27
hu 1	3	plano	55-65	GTK	0,041	0,014	0,026	0,013	5,60		3,95		3,67		1,11
hu 1	3	plano	90-95	GTK	0,087	0,004	0,018	0,014	7,02		3,98		4,43		0,47
hu 2	3	plano	20-30	GTK	0,043	0,011	0,032	0,016	4,78		3,97		3,5		1,97
hu 2	3	plano	45-55	GTK	0,153	0,007	0,026	0,017	10,06		3,6		5,35		1,48
hu 2	3	plano	90-95	GTK	0,192	0,005	0,029	0,017	12,90		3,9		5,75		1,05
hu 3	3	plano	20-30	Turku	0,031	0,01	0,007	0,019	4,2	4,22				0,2	
hu 3	3	plano	45-50	Turku	0,026	0,013	0,013	0,026	5,4	4,28				<0,1	
hu 3	3	plano	65-75	Turku	0,064	0,015	0,016	0,039	9,1	4,43				0,2	
hu 3	3	plano	115-125	Turku	0,1	0,031	0,02	0,046	13,4	4,37				0,3	
hu 3	3	plano	140-150	Turku	0,12	0	0,015	0,034	9,8	4,4				0,6	
hu 3	3	plano	170-180	Turku	0,05	0,008	0,013	0,024	4,2	4,53				3,6	
hu 3	3	plano	190-200	GTK	0,079	0,006	0,014	0,014	4,66		4,28		1,77		4,53
hu 4	3	colina	20-30	GTK	0,041	0,007	0,017	0,011	6,47		3,93		5,52		1,64
hu 4	3	colina	55-65	GTK	0,072	0,005	0,019	0,011	8,37		3,92		6,65		1,49
hu 4	3	colina	80-90	GTK	0,092	0,004	0,030	0,010	8,57		3,95		6,53		1,17
hu 5	3	colina	30-40	Turku	0,046	0,003	0,014	0,017	9,6	4,53				0,4	
hu 5	3	colina	70-80	Turku	0,052	0,023	0,021	0,011	9,2	4,78				0,3	
hu 5	3	colina	95-100	Turku	0,099	0	0,01	0,011	6,7	4,6				<0,1	
hu 6	4	colina	20-30	GTK	0,082	0,037	0,039	0,018	6,56		3,94		4,15		2,31
hu 6	4	colina	50-60	GTK	0,153	0,012	0,025	0,015	9,67		3,92		4,32		0,9
hu 6	4	colina	90-100	GTK	0,133	0,019	0,029	0,016	7,85		3,88		4,63		1,15
hu 6	4	colina	90-100	Turku	0,089	0,012	0,02	0,011	10,8	4,39				0,3	
hu 7	4	colina	15-20	Turku	0,057	0,017	0,05	0,006	6,8	4				0,8	
hu 7	4	colina	40-45	Turku	0,09	0	0,021	0,013	13,7	4,43				<0,1	
hu 7	4	colina	65-70	GTK	0,281	0,015	0,048	0,018	14,79		3,87		5,8		1,79
hu 7	4	colina	80-85	GTK	0,614	0,018	0,126	0,036	19,24		3,8		8,02		1,75
hu 7	4	colina	80-85	Turku	0,595	0,007	0,09	0,033	29,4	4,35				<0,1	
hu 8	31	plano	30-40	Turku	0,045	0	0,009	0,01	12	4,58				0,2	
hu 8	31	plano	60-70	Turku	0,076	0,001	0,007	0,008	13,2	4,61				<0,1	
hu 8	31	plano	120-125	Turku	0,084	0,003	0,006	0,007	8,8	4,58				0,3	
hu 9	31	plano	25-35	GTK	0,064	0,382	0,043	0,012	6,72		4,16		7,27		5,56
hu 9	31	plano	40-45	GTK	0,082	0,089	0,020	0,016	4,63		3,99		6,1		2,33
hu 9	31	plano	90-95	GTK	0,110	0,029	0,008	0,011	10,06		4		4,92		1,96
hu 10	32	plano	30-40	Turku	0,007	0	0	0,003	1,6	4,32				0,2	
hu 10	32	plano	65-70	Turku	0,017	0,067	0,028	0,006	5,4	4,23				2,6	
hu 10	32	plano	75-80	Turku	0,124	0	0,019	0,013	19,2	4,48				1,6	
hu 11	32	plano	35-45	GTK	0,005	0,023	0,003	0,013	0,26		3,76		1,48		4,24
hu 11	32	plano	65-75	GTK	0,066	0,016	0,019	0,015	14,46		3,85		9,3		13,1
hu 11	32	plano	85-95	GTK	0,153	0,008	0,039	0,018	16,12		3,9		7,8		6,83
hu 12	32	colina	35-45	GTK	0,005	0,003	0,003	0,004	1,85		4,31		1,82		4,29
hu 12	32	colina	60-70	GTK	0,005	0,002	0,001	0,004	2,05		4,48		1,98		1,82
hu 12	32	colina	75-90	GTK	0,038	0,004	0,005	0,009	6,23		4,25		3,68		1,85
hu 13	32	colina	20-30	GTK	0,013	0,007	0,008	0,005	2,10		4,34		2,22		3,65
hu 13	32	colina	60-70	Turku	0,014	0,003	0,006	0,016	3,3	4,51				1,5	
hu 13	32	colina	90-100	Turku	0,032	0	0,006	0,006	7,4	4,65				0,3	
hu 14	32	cuesta	20-30	GTK	0,005	0,006	0,004	0,004	1,61		4,48		2,28		1,94
hu 14	32	cuesta	20-30	Turku	0,003	0	0	0,003	1,6	4,4				1,2	
hu 14	32	cuesta	45-50	Turku	0,006	0	0	0,002	2	4,34				0,3	
hu 14	32	cuesta	100-110	Turku	0,009	0	0	0,004	2,5	4,46				0,4	
hu 14	32	cuesta	135-145	Turku	0,014	0	0	0,008	2,3	4,35				0,5	
hu 15	32	colina	20-30	GTK	0,000	0,004	0,000	0,004	0,00		4,1		0,27		0,6
hu 15	32	colina	85-95	GTK	0,003	0,005	0,000	0,004	0,02		4,46		0,18		0,75
hu 15	32	colina	190-200	GTK	0,000	0,003	0,000	0,005	0,02		4,96		0,03		1,24
hu 16	32	colina	30-40	Turku	0,008	0	0,01	0,002	1,7	4,44				2,2	
hu 16	32	colina	60-70	GTK	0,003	0,006	0,005	0,005	0,30		5,03		1,4		3,33
hu 16	32	colina	85-95	GTK	0,000	0,002	0,001	0,006	0,27		5,13		1,38		6,31

Apéndice 7.4 continuación

no.	P-b µg/g	Acid. camb.	EEC	CEC	Sat. bas. %	Org. C %	Kjel. N %	C/N	<0,063 %	<0,002 %	0,002- 0,05 %	0,05- 2 %	0,063- 0,5 %	0,5- 2 %
hu 1	23,6								75,8					
hu 1	10,5								80,4					
hu 1	3,92								76,3					
hu 2	19,8								77,2					
hu 2	7,39								88,5					
hu 2	4,01								91,2					
hu 3														
hu 3														
hu 3														
hu 3														
hu 3														
hu 3	4,18								40,9					
hu 4	6,45								89,7					
hu 4	8,05								93,1					
hu 4	3,92								94,8					
hu 5														
hu 5														
hu 5														
hu 6	30,7								78,5					
hu 6	20,8								83,9					
hu 6	17,6								80					
hu 6														
hu 7														
hu 7														
hu 7	18,1								91,8					
hu 7	6,39								98,7					
hu 7														
hu 8														
hu 8														
hu 8														
hu 9	15								93,5					
hu 9	10,8								96,3					
hu 9	1,89								98					
hu 10														
hu 10														
hu 10														
hu 11	3,49								23,4					
hu 11	13,1								84,7					
hu 11	10,9								84,2					
hu 12	14,9								36,2					
hu 12	10,3								43,6					
hu 12	9,15								78,4					
hu 13	15,7								43,3					
hu 13														
hu 13														
hu 14	9,77								44,6					
hu 14														
hu 14														
hu 14														
hu 14														
hu 15	0								7,4					
hu 15	0,38								5,8					
hu 15	0								8,1					
hu 16														
hu 16	16,4								15,5					
hu 16	22,8								18,1					



Apéndice 7.4 continuación

no.	codigo	topog.	profu. cm	lab.	K cmol/ kg	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	Na cmol/ kg	Al cmol/ kg	pH agua	pH KCl	EC mS/ cm	LOI %	P- Bray µg/g	P-a µg/g
hu 17	32 colina	35-45	GTK		0,003	0,006	0,001	0,003	0,03		4,21		0,22		1,7
hu 17	32 colina	35-45	Turku		0,002	0,005	0	0,004	0,9	4,14				0,5	
hu 17	32 colina	60-70	GTK		0,000	0,004	0,000	0,005	0,03		4,68		0,07		1
hu 17	32 colina	90-100	GTK		0,000	0,003	0,000	0,004	0,14		4,93		0,05		0,75
hu 18	32 colina	35-45	Turku		0,006	0,005	0,008	0,001	1,3	4,36				2,1	
hu 18	32 colina	70-80	GTK		0,003	0,003	0,000	0,004	0,29		5,05		1,6		5,38
hu 18	32 colina	90-100	GTK		0,000	0,002	0,001	0,004	0,17		5,22		1,53		9,8
hu 19	1 colina	15-20	GTK		0,138	0,191	0,157	0,019	8,50		3,93		7,12		7,93
hu 19	1 colina	40-45	GTK		0,161	0,047	0,060	0,023	9,37		4,02		6,23		4,28
hu 19	1 colina	70-75	GTK		0,199	0,033	0,062	0,020	11,34		4,02		6,82		2,99
hu 20	1 plano	15-20	GTK		0,115	0,109	0,055	0,027	7,35		3,84		6,07		7,04
hu 20	1 plano	40-45	GTK		0,133	0,054	0,035	0,021	8,43		3,89		5,5		3,75
hu 20	1 plano	70-75	GTK		0,161	0,119	0,064	0,026	8,25		3,91		5,22		1,24
hu 21	1 colina	15-20	GTK		0,115	0,115	0,111	0,015	9,68		3,65		6,6		6,85
hu 21	1 colina	40-45	GTK		0,409	0,097	0,144	0,030	17,57		3,72		8,85		4,91
hu 21	1 colina	60-65	GTK		0,512	0,114	0,216	0,039	20,13		3,73		9,33		3,83
hu 22	1 valle	15-20	GTK		0,072	1,567	0,117	0,036	2,82		3,95		3,53		4,71
hu 22	1 valle	40-45	GTK		0,120	4,586	0,666	0,196	0,41		4,3		3,3		1,17
hu 22	1 valle	65-70	GTK		0,197	9,980	1,497	0,683	0,01		5,84		3,93		2,67
hu 23	104 colina	10-15	GTK		0,046	0,012	0,038	0,013	5,00		3,78		6,15		0,35
hu 23	104 colina	30-35	GTK		0,033	0,006	0,016	0,012	4,30		3,95		4,54		0
hu 23	104 colina	55-60	GTK		0,036	0,005	0,016	0,015	5,03		3,92		4,14		0
hu 24	104 valle	5-10	GTK		0,074	0,020	0,059	0,025	3,20		4,07		4,12		1,48
hu 24	104 valle	30-35	GTK		0,051	0,005	0,013	0,011	3,20		4,18		2,86		0,59
hu 24	104 valle	55-60	GTK		0,049	0,005	0,010	0,013	3,09		4,19		3,15		0
hu 25	104 colina	10-15	GTK		0,049	0,009	0,034	0,014	5,15		3,88		6,98		0,9
hu 25	104 colina	30-35	GTK		0,049	0,006	0,018	0,014	5,82		3,97		5,94		0
hu 25	104 colina	55-60	GTK		0,049	0,003	0,009	0,009	4,65		4,02		5,37		0,21
hu 26	104 valle	5-10	GTK		0,090	0,022	0,116	0,012	2,08		3,62		6,15		5,95
hu 26	104 valle	30-35	GTK		0,031	0,004	0,010	0,008	2,22		4,06		3,15		0
hu 26	104 valle	55-60	GTK		0,038	0,002	0,006	0,005	2,50		4,14		3,15		0
hu 27	103	5-20	ISRIC						2,7	4,4	3,8	0,04			
hu 27	103	40-50	ISRIC						2,5	5	3,9	0,01			
hu 27	103	200-220	ISRIC						2,1	5	3,9	0,01			
hu 27	103	270-300	ISRIC						2,4	5,2	3,9	0,01			
hu 27	103	470-500	ISRIC						2,2	5,1	3,9	0,01			
hu 28	7 plano	5-10	GTK		0,041	0,016	0,045	0,007	2,15		4,1		4,35		3,35
hu 28	7 plano	45-50	GTK		0,018	0,003	0,004	0,007	2,36		4,15		3,55		0,47
hu 28	7 plano	85-90	GTK		0,028	0,003	0,001	0,007	3,31		4,12		4,6		0,15
hu 29	7 valle	5-10	GTK		0,051	0,013	0,048	0,010	0,97		3,9		2,79		10,5
hu 29	7 valle	45-50	GTK		0,023	0,004	0,013	0,009	1,03		4,4		1,85		4,04
hu 29	7 valle	90-95	GTK		0,090	0,010	0,269	0,026	1,37		3,99		6,47		12,6
hu 30	7 plano	10-15	GTK		0,171	0,049	0,183	0,019	3,58		3,72		9,14		20,8
hu 30	7 plano	45-50	GTK		0,033	0,015	0,054	0,005	2,72		4		2,07		1,83
hu 30	7 plano	80-85	GTK		0,031	0,004	0,046	0,005	2,32		3,95		2,7		2,92
hu 31	7 plano	5-10	GTK		0,118	0,020	0,121	0,012	5,99		3,62		10,3		18,8
hu 31	7 plano	40-50	GTK		0,046	0,005	0,020	0,006	4,89		4,07		5,72		0,39
hu 31	7 plano	70-80	GTK		0,054	0,002	0,010	0,006	6,50		4,02		6,62		0
hu 32	28 colina	5-20	ISRIC		0,08	0	0,07	0,07	4,6				3,96		
hu 32	28 colina	90-110	ISRIC		0,06	0	0,03	0,04	2,9				2,64		
hu 32	28 colina	190-210	ISRIC		0,06	0	0,03	0,07	4,4				2,3		
hu 33	28 valle	5-20	ISRIC		0,06	0	0,07	0,04	2,9				4,39		
hu 33	28 valle	90-100	ISRIC		0	0	0,03	0	2,5				2,91		
hu 33	28 valle	190-200	ISRIC		0,02	0	0,03	0,04	2				1,93		
hu 34	28 colina	10-25	ISRIC		0,04	0	0,07	0					4,18		
hu 34	28 colina	85-100	ISRIC		0,02	0	0,03	0	4,5				2,86		
hu 34	28 colina	190-200	ISRIC		0,02	0	0	0	4,1				2,87		
hu 35	28 valle	20-30	ISRIC		0,04	0	0,03	0,04	3,6				2,14		
hu 35	28 valle	95-110	ISRIC		0,04	0	0,1	0	2,9				1,6		
hu 35	28 valle	185-200	ISRIC		0,02	0,2	0,17	0,14	1,6				1,15		
hu 36	57 valle	1-5	ISRIC		0,21	0	0,17	0	5,4				4,65		

Apéndice 7.4 continuación

no.	P-b µg/g	Acid. Camb.	ECEC	CEC	Sat. bas. %	Org. C %	Kjel. N %	C/N	<0,063 %	<0,002 %	0,002- 0,05 %	0,05- 2 %	0,063- 0,5 %	0,5- 2 %
hu 17	0,4								11,5					
hu 17														
hu 17	0								10,3					
hu 17	0,17								9,5					
hu 18														
hu 18	18,6								13,7					
hu 18	23,2								17,4					
hu 19	61,1								76					
hu 19	39,1								78,4					
hu 19	25,5								81,9					
hu 20	90,7								94,5					
hu 20	56,1								95,2					
hu 20	29								94,2					
hu 21	63,5								87					
hu 21	27,9								96,8					
hu 21	16,3								98,6					
hu 22	66,8								90,2					
hu 22	36,8								90,3					
hu 22	24,5								92,3					
hu 23	18,9								67,4					
hu 23	7,03								70,4					
hu 23	7,3								71,3					
hu 24	26,1								50,6					
hu 24	11,3								51,2					
hu 24	7,7								49,9					
hu 25	16,5								58,6					
hu 25	6,91								63					
hu 25	2,07								63					
hu 26	43,8								36,8					
hu 26	7,81								45,9					
hu 26	4,54								50,3					
hu 27		3,4												
hu 27		3,2												
hu 27		2,7												
hu 27		3,1												
hu 27		2,8												
hu 28	45,3								41,2					
hu 28	15,8								47,2					
hu 28	13,8								56,2					
hu 29	25,9								6,6					
hu 29	20,9								17,1					
hu 29	11,6								13,7					
hu 30	65								61					
hu 30	11,6								58,7					
hu 30	4,26								45,4					
hu 31	77,8								53,5					
hu 31	19,1								64,9					
hu 31	5,86								74,3					
hu 32			5,1	8,24	3	1,27				33	22,3	44,6		
hu 32			5,4	13,84	1	0,28				38,7	20,1	41,2		
hu 32			5,7	33,7	0					41,2	18,8	39,9		
hu 33			3,8	6,56	3	1,37				27,5	16,4	56,1		
hu 33			2,9	10,82	0	0,41				30,6	17	52,3		
hu 33			2,6	4,26	2					14,7	26,2	59,2		
hu 34			5	8,78	1	1,3				33,4	20,5	46,1		
hu 34			4,5	6,74	1	0,35				38,4	17,6	44		
hu 34			4,5	6,39	0					38,9	18,2	43		
hu 35			3,8	5,85	2	0,52				31,2	19,9	48,9		
hu 35			3,4	5,32	3	0,12				26,1	25,6	48,3		
hu 35			2,3	3,86	14					17,1	26,5	56,4		
hu 36			6,8	10,11	4	2,05				19,4	37,3	43,3		

Apéndice 7.4 continuación

no.	codigo	topog.	profu.	lab.	K	Ca	Mg	Na	Al	pH	pH	EC	LOI	P-	P-a
			cm		cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	cmol/ kg	agua	KCl	mS/ cm	%	Bray µg/g	µg/g
hu 36	57	valle	80-90	ISRIC	0,13	0,21	0,1	0	11,3				2,73		
hu 36	57	valle	175-190	ISRIC	0,6	27,2	4,56	0,23	<0,5				2,36		
hu 37	57	cuesta	2-10	ISRIC	0,02	0	0,03	0	0,7				1,2		
hu 37	57	cuesta	85-95	ISRIC	0,04	1,01	0,03	0,21	1,6				0,69		
hu 37	57	cuesta	180-195	ISRIC	0,53	0,21	0,21	0,04	20,9				2,69		
hu 38	57	valle	5-10	ISRIC	0,08	0	0,07	0,04	0,5				2,15		
hu 38	57	valle	85-105	ISRIC	0,21	0,21	0,1	0,07	10,9				2,98		
hu 38	57	valle	190-200	ISRIC	0,35	1,9	0,56	0,04	15,5				2,85		
hu 39	57	colina	0-5	ISRIC	0,21	0,21	0,17	0,07	7,6				6,24		
hu 39	57	colina	90-100	ISRIC	0,15	0	0,07	0,07	13,2				3,5		
hu 39	57	colina	190-200	ISRIC	0,26	0,62	0,48	0	13,2				2,13		
hu 40	66	valle	0-5	ISRIC	0,15	0,62	1,59	0,07	5				5,59		
hu 40	66	valle	95-105	ISRIC	0,17	0,21	0,1	0,11	12,6				2,22		
hu 40	66	valle	190-205	ISRIC	0,19	7,68	1,47	0,51	2,5				1,98		
hu 41	66	colina	0-5	ISRIC	0	0,41	0,13	0,04	3,2				5,95		
hu 41	66	colina	90-100	ISRIC	0	0	0	0,07	11,8				1,78		
hu 41	66	colina	190-200	ISRIC	0,49	6,74	2,4	0,19	21,1				2		
hu 42	66	valle	0-5	ISRIC	0,19	1,44	0,34	0,04	7,1				4,53		
hu 42	66	valle	90-100	ISRIC	0,17	1,23	0,31	0,04	8				1,84		
hu 42	66	valle	190-200	ISRIC	0,51	24,14	5,08	0,26	1				2,32		
hu 43	66	colina	0-5	ISRIC	0,15	0,62	0,41	0,07	9				5,22		
hu 43	66	colina	90-100	ISRIC	0,42	3,23	0,21	0,04	20				4,34		
hu 43	66	colina	190-200	ISRIC	0,35	28,41	1,23	0,07	<0,5				1,82		
hu 44	112	colina	0-10	ISRIC	0	0,2	0,1	0	1,8	3,9	3,5	0,12		3,8	
hu 44	112	colina	10-30	ISRIC	0	0	0	0	3,7	4,3	3,6	0,03		1,1	
hu 44	112	colina	50-60	ISRIC	0,1	0,2	0	0	10,3	4,4	3,5	0,02		1,1	
hu 44	112	colina	90-110	ISRIC	0,5	1,1	0,3	0	23,9	4,6	3,3	0,03			
hu 44	112	colina	180-200	ISRIC	0,6	10	2,6	0,2	20,4	5	3,4	0,03			
hu 44	112	colina	300-320	ISRIC	0,6	32	8	0,1		5,5	3,9	0,1			
hu 45	112	colina	0-10	ISRIC	0,08	0,21	0,17	0	5,6		3,5			3,5	
hu 45	112	colina	0-10	MTT	0,221	0,196	0,273	0,009	5,11					0,49	
hu 45	112	colina	80-100	ISRIC	0,1	0	0,03	0	9,3		3,7			0	
hu 45	112	colina	180-200	ISRIC	0,15	0	0,03	0	9,2		3,8			0	
hu 46	112	valle	0-10	ISRIC	0,21	0	0,24	0,05	10,1		3,5			2,9	
hu 46	112	valle	90-100	ISRIC	0,22	0	0,03	0,03	15,2		3,6			0	
hu 46	112	valle	180-200	ISRIC	0,4	0,86	0,36	0,02	25,3		3,5			0,4	
hu 47	81	valle	0-10	ISRIC	0,2	0	0,21	0,01	7,3		3,7			0	
hu 47	81	valle	90-105	ISRIC	0,48	0	0,07	0,01	16,7		3,7			0	
hu 47	81	valle	190-205	ISRIC	0,76	0	0,18	0,02	22,6		3,5			0	
hu 48	81	colina	0-10	ISRIC	0,17	0	0,14	0	12,1		3,5			0,4	
hu 48	81	colina	90-105	ISRIC	0,49	0	0,07	0,02	20,7		3,7			0	
hu 48	81	colina	195-210	ISRIC	0,74	0	0,29	0,03	27,2		3,5			0	
hu 48	81	colina	290-305	ISRIC	0,78	0,44	0,54	0,16	41,6		3			22,3	
hu 48	81	colina	340-350	ISRIC	0,17	1,15	0,68	0,11			1,7			60,3	
hu 49	81	cuesta	0-10	ISRIC	0,32	0	0,11	0,03	12,9		3,4			0,4	
hu 49	81	cuesta	80-100	ISRIC	0,52	0	0,07	0,01	23,7		3,6			0	
hu 49	81	cuesta	180-200	ISRIC	0,78	0	0,14	0,02	30,8		3,5			0,4	
hu 49	81	cuesta	180-200	MTT	0,988	0,032	0,270	0,039	29,36					0	
hu 49	81	cuesta	270-300	ISRIC	0,15	1,42	0,23	0,01			2,9			3,4	
hu 50	78	colina	10-30	ISRIC	0	0,6	0,2	0	9,6	4,1	3,6	0,1		0,4	
hu 50	78	colina	50-100	ISRIC	0,2	0,2	0,1	0,1	15	4,5	3,6	0,02		0	
hu 50	78	colina	150-200	ISRIC	0,8	0	0,1	0	23,3	4,7	3,5	0,04			
hu 50	78	colina	270-280	ISRIC	1	0,7	0,4	0,2	38,3	3,5	3,1	0,79			
hu 51	79	colina	10-30	ISRIC	0,2	0	0,1	0	9,2	4,3	3,7	0,04		0,4	
hu 51	79	colina	50-70	ISRIC	0,2	0	0	0	14	4,7	3,7	0,02		0,4	
hu 51	79	colina	200-230	ISRIC	0,1	0	0	0	8	5,1	3,8	0,01			
hu 51	79	colina	300-320	ISRIC	0,3	0	0,1	0	15,7	5	3,6	0,02			
hu 52	85	colina	10-30	ISRIC	0	0,2	0	0	4	4,2	3,7	0,07		2,1	
hu 52	85	colina	60-90	ISRIC	0	0	0	0	4,4	4,4	3,8	0,02		0,7	
hu 52	85	colina	180-190	ISRIC	0	0	0	0	3,3	4,7	3,9	0,01			
hu 52	85	colina	290-320	ISRIC	0	0	0	0	3,2	4,7	3,8	0,01			



Apéndice 7.4 continuación

no.	P-b µg/g	Acid. camb.	ECEC	CEC	Sat. bas. %	Org. C %	Kjel. N %	C/N	<0,063 %	<0,002 %	0,002- 0,05 %	0,05- 2 %	0,063- 0,5 %	0,5- 2 %
hu 36			13,5	14,83	3	0,38				38,1	41,4	20,5		
hu 36			33,1	35,26	92					70,8	28,2	1		
hu 37			0,8	1,22	4	0,64				1,7	9,7	88,5		
hu 37			2,9	2,11	61	0,06				11,7	17,4	70,9		
hu 37			22,4	25,68	4					61,7	37	1,4		
hu 38			1,2	2,46	7	1,09				4,3	33,8	61,4		
hu 38			12	19,53	3	0,36				53,1	28,2	18,6		
hu 38			19,5	23,41	12					53,5	36,7	9,9		
hu 39			9,6	15,05	4	2,74				32,1	51,6	16,3		
hu 39			14,6	17,18	2	0,38				40,4	32,2	27,3		
hu 39			16	17,54	8					36,4	55,7	8		
hu 40			8,9	13,79	18	2,66				29,7	58,2	12,2		
hu 40			14	16,8	4	0,25				42,7	51,1	6,2		
hu 40			13,4	16,28	61					40,3	46,8	12,9		
hu 41			4,8	12,06	5	2,92				20,9	39	39,7		
hu 41			13	17,36	0	0,27				46,5	32	21,4		
hu 41			32,5	36,97	27					63,5	34,8	1,7		
hu 42			9,8	15,41	13	2,34				33,1	55,6	11,2		
hu 42			10,8	13,61	13	0,17				36,7	44,8	18,4		
hu 42			31,7	34,56	87					71,4	27,6	1		
hu 43			11,5	15,92	8	2,11				32	57,1	10,5		
hu 43			24,9	29,68	13	0,23				61,4	29,7	6,7		
hu 43			30,3	31,63	95					49,6	37,4	13,1		
hu 44	2,4	2,7	3,2		9	0,89	0,089	10		7,3	23	69,7		
hu 44	4,5	4,5	4,9		0	0,2	0,041	5		14,2	25,1	60,7		
hu 44	10,2	10,5	11,8		3	0,12	0,033	4		31,8	21,2	47		
hu 44	23,7	25,6	29,4		6	0,09	0,031	3		67,7	28,4	3,8		
hu 44	20,7	34,1	35,5		38	0,06	0,017	4		56,6	41,4	2		
hu 44			43,5		94	0	0,022	0		45,3	51,1	3,6		
hu 45			6,4	12,54	4	2,65	0,247	11		24,2	24,7	51,1		
hu 45														
hu 45			9,1	12,9	1	0,34	0,077	4		45,3	28,5	26,2		
hu 45			9,1	11,64	2	0,18	0			37,5	27,5	35		
hu 46			12	18,99	3	3,46	0,336	10		32	31,2	36,8		
hu 46			16,5	19,72	1	0,27	0,058	5		48	25,3	26,7		
hu 46			26,4	34,18	5	0,14	0,035	4		71,7	24,7	3,7		
hu 47			8,8	27,13	2	2,8	0,267	10		35,6	44,3	20,1		
hu 47			18,1	17,47	3	0,44	0,099	4		83,7	12,9	3,5		
hu 47			24,4	32,98	3	0,11	0,059	2		88,6	10,1	1,3		
hu 48			13,7	20,09	2	2,12	0,245	9		44,5	49,4	6,1		
hu 48			21,4	27,35	2	0,2	0,047	4		68,9	28,5	2,6		
hu 48			27,8	36,4	3	0,11	0,031	4		75	21,8	3,2		
hu 48			45,1	42,09	5	3,26	0,095	34		86,2	13,4	0,4		
hu 48				46,8	5	12,65	0,283	45		87,8	10,6	1,6		
hu 49			13,4	0,45	19	1,78	0,223	8		41,9	51,3	6,9		
hu 49			23,3	0,61	31	0,33	0,073	5		85,1	12,9	2		
hu 49			32,6	0,94	41	0,19	0,091	2		92,4	5,4	2,1		
hu 49														
hu 49				1,81	137		0,781			85,5	13,9	0,6		
hu 50	10,1	10,9	14,3		6	1,6	0,189	8		43,6	48	8,3		
hu 50	14,7	15,3	19,2		3	0,47	0,105	4		59,7	35,3	5		
hu 50	22,4	23,3	32,8		3	0,18	0,069	3		85,6	11,3	3		
hu 50	36	38,3	38,8		6	0,46	0,066	7		95,2	3,3	1,5		
hu 51	9,2	9,5	11,6		3	1,06	0,143	7		38,1	30,9	30,9		
hu 51	13,3	13,5	14,8		1	0,43	0,082	5		45,2	32	22,8		
hu 51	8,1	8,2	7,3		1	0,01	0,028	0		17,5	20,2	62,3		
hu 51	14,2	14,6	15		3	0,04	0,029	1		33,4	28,9	37,7		
hu 52	4,4	4,6	5,4		4	1,05	0,104	10		32,4	18	49,6		
hu 52	4,6	4,6	5,3		0	0,36	0,054	7		39,6	16,1	44,3		
hu 52	3,5	3,5	9,7		0	0,05	0,031	2		37,8	17,5	44,7		
hu 52	3,4	3,4	20,1		0	0,01	0,02	1		28,4	22,9	48,6		

Apéndice 7.4 continuación

no.	codigo	topog.	profu. cm	lab.	K cmol/ kg	Ca cmol/ kg	Mg cmol/ kg	Na cmol/ kg	Al cmol/ kg	pH agua	pH KCl	EC mS/ cm	LOI %	P- Bray µg/g	P-a µg/g
hu 53	8	valle	0-10	ISRIC	0,15	7,25	1,37	0,04	5,6		3,6			3,5	
hu 53	8	valle	80-100	ISRIC	0,52	17,06	3,03	0,07	12,4		3,6			0	
hu 53	8	valle	180-200	ISRIC	0,39	30,17	5,6	0,19	0		5,8			5,2	
hu 54	8	colina	0-10	ISRIC	0,17	12,83	1,25	0,01	1,5		3,9			0,6	
hu 54	8	colina	80-100	ISRIC	0,41	76,44	3,64	0,29	0		6,9			0,4	
hu 54	8	colina	180-200	ISRIC	0,43	37,07	4,69	0,75	0		5,5			0,8	
hu 54	8	colina	280-300	ISRIC	0,41	123,06	13,47	1,63	0		6,7			1,9	
hu 54	8	colina	380-400	ISRIC	0,37	125,23	8,4	2,45	0		6,9			1,2	
hu 55	8	colina	0-10	ISRIC	0,29	30,97	3,8	0	0		5,3			1,9	
hu 55	8	colina	80-100	ISRIC	0,38	63,59	2,13	0,12	0		7			0	
hu 55	8	colina	180-200	ISRIC	0,55	80,14	4,24	0,18	0		5,5			0,8	
hu 55	8	colina	180-200	MTT	0,734	108,93	3,806	0,188	0,01					0,63	
hu 55	8	colina	300-320	ISRIC	0,46	91,62	5,55	0,27	0		5,5			7,6	
hu 56	42	cuesta	5	Turku							5,25			9,7	
hu 56	42	cuesta	50	Turku							4,99			9,05	
hu 56	42	cuesta	100	Turku							8,08			7,57	
hu 57	54	colina	5	Turku							6,4			11	
hu 57	54	colina	50	Turku							7,55			10,5	
hu 57	54	colina	100	Turku							8,06			10,5	
hu 58	51	cuesta	5	Turku							4,42			5,46	
hu 58	51	cuesta	50	Turku							4,68			5,88	
hu 58	51	cuesta	100	Turku							4,59			7,59	
hu 59	56	cuesta	5	Turku							5,22			13,3	
hu 59	56	cuesta	50	Turku							4,78			12,7	
hu 59	56	cuesta	100	Turku							7,94			9,05	
hu 60	55	cuesta	5	Turku							5,43			6,76	
hu 60	55	cuesta	50	Turku							5,01			10,6	
hu 60	55	cuesta	100	Turku							4,97			7,47	

Apéndice 7.4 continuación

no.	P-b µg/g	Acid. camb.	ECEC	CEC	Sat. bas. %	Org. C %	Kjel. N %	C/N	<0,063 %	<0,002 %	0,002- 0,05 %	0,05- 2 %	0,063- 0,5 %	0,5- 2 %
hu 53		14,8	8,8		18	2,24	0,286	8		34,5	59,6	6		
hu 53		33	20,68		36	0,21	0,056	4		62,4	34,9	2,6		
hu 53		36,4	36,34		31	0,12	0,025	5		47	46,3	6,7		
hu 54		16,1	14,26		21	1,82	0,22	8		37,2	59,7	3,1		
hu 54		80,9	80,79		41	0,09	0,046	2		67,8	31,6	0,6		
hu 54		43	42,94		39	0,05	0,033	2		58,2	38,7	3,1		
hu 54		138,7	138,6		37	0,09	0,034	3		41,6	51	7,4		
hu 54		136,5	136,5		35	0,09	0,036	3		45,1	52,2	2,6		
hu 55		35,3	33,34		105	3,74	0,45	8		56,3	37,9	5,8		
hu 55		66,4	42,97		154	0,05	0,039	1		65	34,5	0,5		
hu 55		85	44,91		189	0	0,029	0		78,6	21	0,3		
hu 55														
hu 55		97,9	33,39		293	0	0,028	0		55,6	43,1	1,4		
hu 56									94,76				5,24	0
hu 56									93,42				6,58	0
hu 56									88,78				11,22	0
hu 57									96,74				3,26	0
hu 57									98,02				1,98	0
hu 57									99,11				0,89	0
hu 58									37,41				59,1	3,49
hu 58									30,12				65,41	4,47
hu 58									32,7				44,87	22,4
hu 59									95,89				4,11	0
hu 59									100				0	0
hu 59									100				0	0
-hu 60									62,82				35,06	2,12
hu 60									88,34				10,15	1,51
hu 60									97,25				1,92	0,83



*Apéndice 7.4 continuación*

Descripciones del color (según la tabla de Munsell) y textura de los suelos en algunas perforaciones profundas.

número de perforación	descripción del perfil	
hu 32	9 cm de material orgánico 0-35 cm arcilla rojo pardo (10YR-5/6) 35-210 cm muy homogéneo, inenos pardo (10YR-5/8) y de textura fina	hu 39 1 cm de material orgánico 0-10 cm arcilla roja (10YR-5/6) 10-70 cm arcilla roja 10YR-5/8 70-90 cm arcilla amarilla (10YR-6/8) con moteado gris (10YR-7/1) 90-100 cm una capa con puntitos rojos y casi negros (10YR-3/1) 100-130 cm una matriz gris (10YR-8/2) con moteado amarillo (10YR-5/8) y pardo (10YR-4/3) 130-200 cm la misma matriz con moteado amarillo (10YR-6/8 y 10YR-5/8) y algunos pocos puntos casi negros
hu 35	2 cm de material orgánico 0-35 cm rojo amarillo (10YR-5/8), arcilla con un poco de arena 35-200 cm gris (10YR-8/1) y gris oscuro (10YR-7/1) mayormente arena con un poco de arcilla en 130 cm el hueco se llenó con agua	hu 40 4 cm de material orgánico 0-30 cm arcilla pardo (7.5YR-4/4) 30-80 cm arcilla roja compacta (10YR-5/6) 80-90 cm la misma arcilla roja con moteado blanco y pardo (10YR-5/6) 90-100 cm unos puntos negros (10YR-2.5/1) y moteado blanco y rojo (5YR-4/6) 100-130 cm el blanco y rojo se ponen gris (7.5YR-7/2) y rojo más intensivo (2.5YR-5/6) 130-170 cm semejante a la capa anterior con la adición de moteado naranjado (7.5YR-6/8) 170-200 cm todo el moteado casi desaparece y el suelo se pone suave, mojado y gris azul (7.5YR-7)
hu 33	10 cm de material orgánico 0-200 cm arcilla pardo rojo (10YR-5/6), muy homogéneo	hu 41 3 cm de material orgánico 0-30 cm arcilla pardo oscura (7.5YR-4/4) 30-90 cm arcilla roja oscura (7.5YR-5/6) compacta con moteado blanco (10YR-6/2) 90-200 cm el moteado blanco se aumenta y se pone más gris (10YR-7/1) en una matriz más roja (2.5YR-4/6)
hu 34	1 cm de material orgánico 0-180 cm arcilla pardo (10YR-5/6) 180-200 cm la misma matriz pardo moteado por gris (10YR-8/1)	hu 42 0.5 cm de material orgánico 0-8 cm pardo oscuro (10YR-4/4) 8-40 cm arcilla roja oscura (10YR-5/6) compacta 40-70 cm aparece moteado gris (10YR-6/2) en la misma matriz 70-160 cm la misma matriz con moteado amarillo claro (10YR-6/8) y rojo oxidado (2.5YR-4/6) 160-163 cm una capa delgada oscura (2.5YR-3/0) 163-200 cm casi puramente gris (10YR-6/2)
hu 36	1 cm de material orgánico 0-10 cm arcilla amarillo (10YR-5/4) 10-40 cm gradualmente el color se pone más amarillo (10YR-5/6) 40-80 cm gris (10YR-6/1) y gradualmente más y más moteado por amarillo (10YR-7/8) y pardo amarillo (10YR-6/8) 80-115 cm una matriz de arcilla amarillo (10YR-7/8) moteado por gris (10YR-6/1) 115-130 cm el gris se pone a 7.5YR-6/2 130-135 cm el gris se pone más oscuro (10YR-5/1) y aparece un poco de arena y pequeños partículas de cuarzo 135-160 cm arcilla gris (10YR-6/1) moteado con color amarillento 160-175 cm con algo de arena, rojo (7.5YR-6/2) 175-195 cm arcilla azul (7.5YR-6/1)	hu 43 0.5 cm de material orgánico 0-70 cm arcilla roja compacta (10YR-5/8) 70-120 cm arcilla amarilla (10YR-7/6) con moteado rojo (5YR-4/4) y blanco (10YR-8/2) 120-185 cm color completamente blanco (10YR-8/2) 185-200 cm aparece moteado amarillo (2.5YR-5/6) y rojo (5YR-4/4)
hu 37	2 cm de material orgánico 0-35 cm arena pardo (10YR-5/4) 35-55 cm una matriz de arena gris (10YR-6/3) moteado con amarillo (10YR-5/8) 55-70 cm una matriz de arena gris (10YR-7/2) y algo más gruesa moteado con amarillo (10YR-7/8) 70-110 cm el gris se pone más claro (10YR-7/1) y la textura se pone más fina con arcilla 110-200 cm arcilla gris (10YR-7/1) compactada moteado con rojo (2.5YR-4/8)	hu 45 1 cm de material orgánico 0-5 cm arcilla limosa pardo (7.5YR-4/4) con un poco de material orgánico 5-30 cm 5YR-5/6 30-ca. 100 cm 5YR-5/8 ca 100-200 cm 5YR-4/8, el cambio del color muy gradual, la textura se pone más y más fina hacia el fondo, donde pura arcilla
hu 38	5 cm de material orgánico 0-40 cm arena fina pardo (10YR-5/3) que gradualmente se pone gris (10YR-6/1) 40-75 cm arena pardo (10YR-5/3) de textura un poco más gruesa 75-85 cm arcilla amarillo (10YR-5/8) con moteado blanco 85-140 cm arcilla gris (10YR-7/1) compactada con moteado blanco 140-155 arcilla gris (10YR-7/1) compactada con moteado amarillo 155-200 cm el gris se pone más oscuro (10YR-5/2), no es moteado y aparece agua en el hueco	

hu 46	3 cm de material orgánico 0-10 cm arcilla limosa pardo (7.5YR-4/4) con un poco de material orgánico 10-40 cm 7.5YR-5/6 40-90 cm 5YR-5/6 90-130 cm 5YR-5/5 con moteado gris (5YR-7/2) 130-200 cm 7.5YR-N8/ con moteado pardo (10YR-4/6), la textura se pone más y más fina hacia el fondo, donde pura arcilla
hu 47	2 cm de material orgánico 0-5 cm arcilla pardo (7.5YR-4/4) con un poco de material orgánico 5-20 cm 7.5YR-5/6 20-70 cm 5YR-5/8 70-120 cm 5YR-5/8 moteado con 10YR-7/3 y 2.5YR-5/8 120-170 cm 10YR-7/2 moteado con 10R-4/6 y 5YR-5/8 170-200 cm 10YR-8/1 moteado con 7.5YR-4/6 la textura es arcilla todo el tiempo
hu 48	3 cm de material orgánico 0-5 cm arcilla pardo (7.5YR-4/4) con un poco de material orgánico 5-20 cm 10YR-5/8 20-60 cm 7.5YR-5/8 60-90 cm 7.5YR-5/8 moteado con 7.5YR-7/2 90-120 cm 7.5YR-7/2 y 10R-4/8 y 7.5YR-5/8 en una mezcla igual 120-180 cm 7.5YR-7/2 moteado con 2.5YR-4/8 180-200 cm 7.5YR-7/2 moteado con 7.5R-5/2 200-260 cm 7.5YR-8/0 moteado con 7.5YR-7/8 260-270 cm 10YR-5/3 moteado con 7.5YR-5/8 270-290 cm se pone más y más oscuro hasta que llega a 5Y-4/1 290-320 cm aún más oscuro 10YR-3/2 320-360 aparece unos partículas negras en 360 cm una capa dura que no es penetrable por la barrena la textura es arcilla todo el tiempo
hu 49	5 cm de material orgánico 0-2 cm 7.5YR-4/4 2-30 cm 7.5YR-5/6 30-70 cm 5YR-5/8 70-90 cm 5YR-5/8 moteado con 10YR-7/2 90-120 cm una mezcla igual de 10YR-7/2, 10YR-7/4, y 2.5YR-4/8 120-140 cm 10YR-8/1 moteado con 2.5YR-4/8 140-160 cm una mezcla igual de 2.5YR-4/8, 10YR-6/8 y 10YR-6/4 160-180 cm 10YR-8/1 moteado con 7.5R-3/8 180-210 cm 5YR-6/3 moteado con 5YR-6/8 210-240 cm una mezcla igual de 5YR-2.5/2 y 5YR-4/2, con un poco de 10YR-6/8 y 2.5YR-4/6 240-270 cm 5Y-4/1 con una porción más grande de 7.5R-2/4 y 7.5YR-6/8 270-300 cm completamente negro en 300 cm una capa dura que no es penetrable por la barrena la textura es arcilla todo el tiempo

hu 53	3 cm de material orgánico 0-5 cm arcilla pardo (7.5YR-4/4) con un poco de material orgánico 5-20 cm 5YR-5/6 20-60 cm 5YR-5/6 moteado con 7.5YR-7/1 60-130 cm 7.5YR-7/1 con menos de 5YR-5/6 y un poco de 7.5YR-5/8 130-200 cm 7.5YR-7/1 dominante (75%) con algo de 7.5YR-5/8 (20%) y negro (5%) la textura es arcilla todo el tiempo
hu 54	2 cm de material orgánico 0-5 cm arcilla pardo (7.5YR-4/4) con un poco de material orgánico 5-50 cm 5YR-5/6 que se pone gradualmente a 7.5YR-5/8 50-80 cm 7.5YR-5/8 con moteado negro (20%) 80-100 cm una mezcla igual de 7.5YR-5/8 y 7.5YR-N7/ 100-220 cm 7.5YR-5/8 con más y más (ultimamente 50%) color pardo (10YR-6/6) 220-400 cm 10YR-5/2, el pardo 10YR-6/6 disminuyendo hasta 5 %, algunos cristales de sal la textura es arcilla todo el tiempo
hu 55	4 cm de material orgánico 0-10 cm arcilla pardo (10YR-3/2) con un poco de material orgánico 10-20 cm 7.5YR-5/8 20-70 cm 2.5Y-6/4 con unos puntos negros y de color 7.5YR-5/8 60-130 cm aparecen granulos blancos (de calcio?) 70-100 cm 10YR-7/1 con puntitos negros y amarillos (10YR-6/6) 100-150 cm 10YR-7/1 (75%), negro (10%), 10YR-6/6 (10%) y blanco (calcio?, 5%) 150-170 cm 10YR-6/6 se incrementa hasta 50% y aparecen cristales de sal 170-220 cm 10YR-7/1 (60%), 10YR-6/6 (15%), 10R-4/6 (15%) y sal (10%) 220-320 cm 10YR-7/1 (70%), 10YR-6/6 (20%) y sal (10%) en 320 cm no se podía penetrarse más, posiblemente por una capa de manganeso porque se observó un poco de arcilla negra en el muy fondo la textura es arcilla todo el tiempo





# PARTE 3

## USO DE LA TIERRA





# CAPÍTULO 8

## USO DE LA TIERRA Y PATRONES DE DEFORESTACIÓN EN LA ZONA DE IQUITOS

Elva Gómez Romero y Tula Tamariz Ortiz

---

### RESUMEN

El desarrollo socioeconómico y el proceso de deforestación de la zona de Iquitos, se caracteriza por períodos marcados, cuyas causas han sido principalmente las políticas orientadas hacia la explotación al uso de recursos naturales. Hasta antes de 1542, la ocupación primaria de los nativos de la selva amazónica fue la caza y la pesca. En las últimas décadas del siglo XIX, Iquitos creció rápidamente debido a las actividades del caucho, pero especialmente en las tres últimas décadas del siglo XX se presenta un desborde económico y demográfico en la zona. Actualmente, con el propósito de garantizar plenamente el derecho de propiedad y de promover las inversiones en el medio rural, el Ministerio de Agricultura está impulsando decididamente el proceso de titulación y de inscripción registral de los predios rurales a nivel nacional. La apertura vial terrestre y la ausencia de una correlación política de ocupación urbana y rural de los espacios, han sido parte de las causantes de la deforestación de amplias extensiones de bosques tropicales en la Amazonía peruana.

Según nuestro análisis de deforestación en la zona de Iquitos, los patrones de deforestación están ligados a diferentes tipos de asentamientos. El asentamiento "espontáneo pionero" es el que se encuentra a lo largo de los ríos principales del área de estudio: Amazonas, Marañón, Nanay, Itaya, Momón y Tamshiyacu, en áreas donde los suelos son relativamente fértiles. En los últimos decenios, la deforestación ha afectado especialmente la zona de influencia inmediata de carreteras construidas por el Estado, muchas veces caracterizadas por suelos pobres como es el caso de la carretera Iquitos-Nauta. Es evidente la falta de reglamentación de algunas normas muy importantes, la armonización de una adecuada coordinación institucional y la carencia de recursos económicos y logísticos para la lucha contra la depredación forestal.



## INTRODUCCIÓN

La selva tropical húmeda es el ecosistema más productivo, intrincado, eficiente y organizado de todos los ecosistemas terrestres conocidos, pero al mismo tiempo, uno de los más delicados y frágiles al ser manipulado.

En diferentes épocas, la Amazonía se ha visto invadida por migrantes de diferente origen como respuesta a estímulos políticos, económicos, científicos e ilícitos, que han influido en el crecimiento de sus principales ciudades, dando como resultado, en las últimas décadas, la alteración de grandes áreas de bosque tropical. En el Brasil, por los años 1950, empezó la deforestación masiva de grandes áreas boscosas del interior del país, como política de ocupación de la Amazonía, teniendo como base los principios de esa época que consideraban a la Amazonía como un emporio de tierras fértiles, para lo cual se proyectó la carretera transamazónica, otorgándole inmensas áreas a los colonos para el uso de pastizales, plantaciones de shiringa, castañales y otros.

En el Perú la colonización de la Selva se inició en los años 1940, con la interconexión de la Amazonía, especialmente Selva Alta con las zonas andinas, a través de la construcción de la carretera Huánuco-Tingo María, intensificándose posteriormente, con la construcción de la Carretera Marginal en el período 1963-1968, que tenía como objetivo solucionar la problemática socioeconómica de la Sierra. Este proceso de asentamiento fue espontáneo pero estimulado, intensificado ó consolidado por acciones estatales de diversa índole, la más importante de las cuales están relacionadas con la construcción de carreteras.

Para frenar la depredación de los bosques amazónicos a partir de los años 1980, creció el interés de muchos países a nivel mundial por proteger su permanencia, con la finalidad de conservar la mega-diversidad biológica que ellos albergan; ya que al eliminar la cubierta vegetal se desatan impactos en cadena sobre el resto de la riqueza natural: suelos, fauna, agua, y lógicamente las culturas indígenas.

El presente estudio trata sobre el desarrollo socioeconómico y el proceso de deforestación de la zona de Iquitos. Nuestro objetivo principal es proporcionar un mejor conocimiento del estado natural de los bosques localizados en la zona de Iquitos, a través de la identificación y cuantificación de los cambios que han ocurrido en la cobertura vegetal, con ayuda del análisis multitemporal de imágenes de percepción remota. Nuestra intención es también demostrar que el proceso de deforestación por un lado, y los aspectos poblacionales y sociales en el otro, no ocurren aisladamente, por tanto tienen que ser confrontados en conjunta, para facilitar un desarrollo sostenible para el beneficio del hombre y de la naturaleza.

## POBLACIÓN

Hasta antes de 1542 la ocupación primaria de los nativos de la Selva amazónica fue la caza y la pesca. La forma de asentamiento era dispersa en pequeños grupos familiares y de rasgos seminómadas; las poblaciones vivían en una situación de guerra permanente (San Román 1994).

Con la incursión de Francisco de Orellana al río Amazonas en 1542, y después de la penetración misionera con el fin de "cristianizar" a los nativos y al mismo tiempo "civilizarlos", se formaron los pueblos imponiéndose un estilo de vida normado y sedentario. Luego ocurrieron una serie de acontecimientos que afianzaron el crecimiento de esta región; la independencia nacional (1821); el boom de la demanda del caucho (1914); la creación de la Provincia de Loreto (1842); y el derrumbe del caucho (1880). El último marcó el período de depresión económica de la Selva, originando una situación de caos económico y social, que impulsó a grupos extranjeros de poder a una búsqueda afanosa de nuevos productos de exportación, iniciándose así como la explotación de maderas finas, tales como la caoba y el cedro.

El período de 1943 a 1970, la integración de la Selva a la vida nacional, se caracterizó por la apertura de carreteras de penetración a la Selva, que originó la proliferación de los caseríos y al aumento rápido del índice de población urbana, convirtiendo a Iquitos en una ciudad burocrática, cabeza del centralismo regional.

Finalmente, en las tres últimas décadas, se produjo un desborde económico y demográfico, cuyas causas han sido principalmente las políticas públicas orientadas hacia la explotación de recursos naturales, la construcción de carreteras y el fomento agropecuario, todo lo cual se detalla a continuación.

A inicios de los años 1970, dos ciudades en la Selva peruana, adquirieron perfiles definidos como ejes articuladores del espacio amazónico: Iquitos, al norte y Pucallpa, al sur. Durante toda la década Iquitos creció a una tasa promedio del 5,1 % y Pucallpa del 5,2 %. En 1972, ambas concentraban al 34 % del total de la población y al 69 % de la población urbana del entonces Departamento de Loreto. Este inusual crecimiento se debió en parte, al surgimiento de la actividad petrolera, originado en la década anterior a consecuencia de dos factores: La Ley 15 600, impulsora del despliegue comercial, con sus incentivos a la inversión en toda la Selva, asociado al Convenio Aduanero Peruano - Colombiano de 1938, y la creación de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, UNAP en 1961.

La rápida expansión de la actividad comercial y la emergencia de una nueva pequeña burguesía intelectual propiciaron la aparición en escena de nuevos actores sociales que se unirían al mismo tiempo a los contingentes migratorios que ocuparían las zonas marginales de Iquitos. Este desmesurado crecimiento demográfico dio origen a una red de precarios asentamientos humanos llamados "Pueblos Jóvenes". Sólo en Iquitos, entre 1971 y 1980, se formaron 36, y al final de esta década había variado sustancialmente la estadística demográfica, haciendo que el 87 % de

la población urbana habitara en la periferia. A comienzos de los 1980 el número de barriadas alcanzó a cuarenta y tres y su número ha sido superado también en los recientes años.

La ciudad de Iquitos creció debido a que se convirtió en el gran mercado de fuerza de trabajo. A las empresas contratistas de lotes de petróleo se asoció de inmediato toda una frondosa corte de compañías de servicios: unas proveían de mano de obra no calificada para la apertura de trochas en la fase de exploración (SEDIPSA DEL ORIENTE); otras brindaban servicio de abastecimiento (NAPESA); otras ofrecían apoyo logístico y alimentario. También hubo proveedores de sano esparcimiento para los trabajadores. Todo el sistema petrolero centralizado en la ciudad de Iquitos, llegó a ocupar más de 10 000 trabajadores. En su mayoría eran de la región, y una vez contratados una gran parte de ellos eran trasladados a los campos de prospección y explotación, lejos del ámbito urbano.

Iquitos, en sólo 20 años, entre 1961 y 1981, había triplicado el número de sus habitantes (Tabla 8.1). Esto tiene su explicación en dos variables: el movimiento endomigratorio y el alto índice de crecimiento vegetativo de su población.

**Tabla 8.1.** Evolución del Crecimiento Poblacional de Iquitos-Nauta. Fuente (datos de Censos Nacionales, Instituto Nacional de Estadística e Información y Rumrill).

LOCALIDAD	1928	1940	1961	1964	1970	1981	1993
Iquitos	22 575	31 828	57 772	76 000	110 000	178 738	272 466
Nauta						3 865	8 579

La mayoría de los inmigrantes provenían fundamentalmente de las zonas rurales de Loreto; un 18 % provenía de su entorno inmediato, la provincia de Maynas, y el restante 68 % de Loreto y de los departamentos amazónicos de San Martín, Amazonas y Madre de Dios.

La demandas de fuerza de trabajo bruta de las compañías, despoblaron los caseríos de las riberas, saliendo gente en caravanas, abandonando sus chacras y caseríos, llevando con ellos su prole entera, ocupando por invasión cuanto terreno baldío circundaba a la ciudad de Iquitos. A mediados de la década, pasada la fase de prospección y cancelados los contratos de la mayoría de las transnacionales petroleras, el desempleo afectó a miles de trabajadores Ex Petroleros.

Es así como mucho de este personal volvió a sus ocupaciones agrícolas y otros se plegó a esta actividad nueva para ellos. Se ocupó terrenos alrededor de Iquitos, en la zona del trazo de la carretera Iquitos-Nauta y en alguna área del río Amazonas, Itaya y del río Nanay, en forma individual o en forma asociada como en el caso de las agrupaciones agropecuarias de Paujil, Nuevo Horizonte y Ex Petroleros, dando como resultado el incremento de nuevas áreas deforestadas. La población estimada a 1996 del área de influencia de la carretera Iquitos - Nauta, asciende a 355 379 habitantes (Tabla 8.2). Los efectos de la actividad petrolera no sólo repercutieron en el incremento de la población, sino que también conmovieron en sus cimientos la estructura del empleo.



Tabla 8.2. Distribución de la población estimada del área de influencia de la carretera Iquitos - Nauta en 1996. Fuente: INEI 1996.

CATEGORÍA	Población total	%	%
Centros poblados urbanos	-	88,9	-
Ciudad de Iquitos	305 514	-	86,0
Pueblo de Nauta	10 471	-	2,9
Poblados rurales	-	11,1	-
Zona río Amazonas	6 606	-	1,9
Zona del río Itaya	7 636	-	2,1
Zona del río Nanay	17 614	-	5,0
Zona de la carretera	7 539	-	2,1
<b>TOTAL</b>	<b>355 380</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Como puede apreciarse en la tabla anterior, la ciudad de Iquitos concentra el 86 % de la población total del área de estudio y el 96,7 % de la población urbana. La ciudad de Nauta, con 10 471 habitantes, aporta apenas con el 2,9 % de la población total, lo que evidencia la importancia de Iquitos en términos de población y tamaño de mercado frente al resto de los centros poblados. La población total de los centros poblados rurales asciende a 39 394 habitantes. En términos porcentuales, esto representa alrededor del 11 % de la población total del área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta. La población actualmente asentada en el trayecto de la carretera Iquitos-Nauta, asciende a 7 539 habitantes, esto representa apenas el 2,1 % de la población total del área de estudio.

Respecto al crecimiento poblacional, la información disponible para el período inter sectorial 1981-1993, permite estimar la tasa de crecimiento promedio anual de la población para la zona, el cual ascendería a 3,4 % (Tabla 8.3). Las tasas más altas de crecimiento se presentan para la zona de la carretera y el pueblo de Nauta, las que sin embargo, no tienen efectos significativos sobre la tasa promedio para toda la zona del área de influencia del estudio.

Tabla 8.3. Tasa de crecimiento promedio anual de Población del Área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta (1981-1993). Fuente: INEI 1996.

ÁMBITO	Tasa de crecimiento, promedio anual (%)
Total área de influencia	3,43
Iquitos	3,60
Nauta	6,80
Centros poblados rurales *	1,72
Población asentada en el eje de la carretera **	7,41

\* Incluye la población asentada en el proyecto de la carretera

\*\* Calculada en base a la población censada de los años 1981 y 1993, respectivamente.

En base a las tasas de crecimiento de la población en el período intercensal 1981-1993, y bajo la hipótesis de que estas tasas se mantienen en los próximos años, se ha elaborado la Tabla 8.4 de proyección de la población al año 2010.

**Tabla 8.4.** Población proyectada del área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta. Fuente: INEI 1996.

ÁMBITOS	Tasa de crecimiento	1996	1997	2010
	promedio anual			
<b>Iquitos</b>	3,60	305 514	351 941	501 265
<b>Nauta</b>	6,87	10 471	13 659	26 549
<b>Poblados Rurales</b>	1,72	39 394	42 181	50 040
<b>Total</b>		354 880	406 081	568 774

Respecto a la tendencia de la población asentada en el trayecto de la carretera, es de esperar un crecimiento similar a lo observado en el período 1981-1993 (7,1 %) en el corto plazo. Sin embargo, en el mediano y largo plazo, lo más probable es su estabilización en tasas similares a las de Iquitos

## TENENCIA Y USO DE LA TIERRA

### Revisión legal

La normatividad respecto a tierras se remonta a octubre de 1883 cuando se promulgó la primera Ley sobre migración y Colonización. Posteriormente en 1898 se promulgó la primera Ley Orgánica de Tierras de Montaña que fue reglamentada por Decreto supremo. En 1909 se promulgó la Ley de Tierras de Montaña N° 1220 que fue también reglamentada por Decreto Supremo.

En marzo de 1957 se promulga el Decreto Supremo N° 3, es la primera norma sobre reserva de tierras para los grupos silvícolas; el artículo 19 de la Ley 14552 establecía la participación del Servicio Forestal y de Caza, en todos los planes de colonización de la Selva sea por el Estado o por particulares, a fin de asegurar la utilización y conservación de los bosques. La Ley 15037 de 1964, facultaba al Ministerio de Agricultura para reservar tierras inexploradas en la región de Selva para colonización por el Estado

Por D.S. N° 943-73-AG de fecha 3 de Octubre de 1973, declararon vedada en forma indefinida la caza, captura, comercialización, transporte y exportación de todas las especies de mamíferos, aves, reptiles y batracios de la región de la Selva, con excepción de aquellas destinadas a fines científicos y/o difusión cultural y las utilizadas tradicionalmente en la alimentación de sus habitantes y que no se encuentren en proceso de extinción; debido a la explotación de la fauna silvestre en la región que es depredatoria y con un alto costo ecológico, como también a la inaplicación de técnicas adecuadas que garantizarán el aprovechamiento óptimo de estos recursos y por los compromisos internacionales asumidos por el Gobierno, que

obligan a la conservación de las especies amenazadas o en vías de extinción por cuanto constituyen un patrimonio natural mundial.

El 9 de mayo de 1978, se promulgó el Decreto Ley N° 22175, Ley de Comunidades Nativas y de desarrollo de la Selva y Ceja de Selva, que deroga el Decreto Ley N° 20653 Ley de Comunidades Nativas y de Promoción Agropecuaria de las Regiones de Selva y Ceja de Selva, e incorpora criterios que permiten optimizar la rentabilidad social, económica y ecológica del uso de la tierra así como criterios que permiten la determinación de la expansión de la frontera agraria en la Selva y Ceja de Selva.

Mediante el Decreto Legislativo N° 02 del 17 de noviembre de 1980, se promulgó la Ley de Promoción y Desarrollo Agrario, con el propósito de alentar la producción Agraria en general y, en especial la producción y comercialización de productos de consumo popular, con todos los incentivos que el desarrollo del sector requiere incluyendo exoneraciones tributarias. El artículo 68 modifica el art. 22 del D.L. N° 21147, entendiéndose por reforestación la plantación de árboles y otras especies forestales en tierras cuya capacidad de uso mayor es forestal y sobre aquellas que siendo de aptitud para el cultivo o para la ganadería no posean las condiciones ecológicas de disponibilidad de recursos hídricos actuales o de ventaja económica, que hagan factible su utilización agrícola o pecuaria, correspondiendo en este caso la propiedad de los recursos forestales al titular del dominio de dichos predios.

Basado en el artículo 70 del D.L. N° 2 referido, se crea el Canon de Reforestación, estableciéndose que será abonado obligatoriamente por los extractores forestales dedicados a la tala de árboles con fines de aprovechamiento industrial o comercial, en bosques naturales, mediante Decreto Supremo, refrendado por el Ministro de Agricultura, estableciéndose anualmente el monto y características del Canon de Reforestación que se abonará por metro cúbico de madera rolliza y relacionado al valor de ésta. Estos montos recaudados serán destinados al financiamiento de programas de reforestación; librándolo con este pago al respectivo concesionario de la obligación de ejecutar los programas de reforestación contemplados en los incisos respectivos de los artículos 31, 34, 35 y 36 del D.L. N° 21147.

Mediante La R.M. N° 00410-92-AG de fecha 15 de Junio de 1992, se aprobó el Plan Nacional de Acción Forestal del Perú, el que se encuentra enmarcado en la estrategia y lineamiento de la actual política agraria.

Actualmente, con el propósito de garantizar plenamente el derecho de propiedad y de promover las inversiones en el medio rural, el Ministerio de Agricultura está impulsando decididamente el proceso de titulación y de inscripción registral de los predios rurales a nivel nacional. Para tal efecto, el Proyecto Especial de Titulación de Tierras y Catastro Rural (PETT) viene trabajando activamente con la titulación de la propiedad reformada pendiente de adjudicación, su perfeccionamiento e inscripción registral, así como en lo relativo al otorgamiento de terrenos eriazos y demás tierras de dominio del Estado, hoy regidas por la Ley N° 26505, denominada "Ley de Tierras" (Perú Agrario N° 1)



La apertura vial terrestre y la ausencia de una correlativa política de ocupación urbana y rural de los espacios, han sido parte de las causantes de la deforestación de amplias extensiones de bosques tropicales en la Amazonía peruana.

En el plano rural, el impacto social de las políticas públicas orientadas hacia la construcción de carreteras, explotación de los recursos naturales y al fomento agropecuario en las últimas dos décadas, influyó de manera directa, en la aparición del minifundio, que se manifiesta a partir de los años sesenta, como un nuevo paisaje dominado por parcelación agropecuaria minifundista de la tierra. En el ámbito del estudio, el número de unidades agropecuarias, en 1994 respecto a 1972, se incrementó en 150 % y el número de hectáreas en 303,8 % (Tabla 8.5).

**Tabla 8.5.** Numero y tamaño de las unidades agropecuarias, en el área de estudio, por distrito (1972-94). Fuente: INEI 1972, 1994.

DISTRITO	Censo 1972		Censo 1994	
	número de unidades agrarias	ha	número de unidades agrarias	ha
Iquitos	3733	28990,2	5028	72 811,3
Alto Nanay	142	438,6	429	22 323,0
Fernando Lores	2059	7719,5	3232	30 354,7
Nauta	1984	15123,0	3199	32 989,4
<b>Total</b>	<b>7918</b>	<b>52171,4</b>	<b>11888</b>	<b>158 478,4</b>

En el caso de la carretera Iquitos-Nauta, su construcción ha estado orientada a abrir un espacio agrícola y permitir un mayor flujo de alimentos hacia la ciudad de Iquitos. Para esta zona de carretera, se pueden señalar algunas características de la actividad agrícola, como por ejemplo:

- ❑ Su pequeña escala. Aún cuando muchos sectores como Paujil, Nuevo Horizonte y Ex Petroleros, tienen parcelas que varían entre 30 a 45 ha, la extensión cultivada promedio por año es apenas de 5,6 ha por familia.
- ❑ Uso intensivo de la mano de obra. En ningún sector de la zona de estudio se ha detectado algún tipo de mecanización ni uso de tracción animal en las actividades agrícolas.
- ❑ Empleo del sistema "roza-tumba-quema" para la producción agrícola (Figura 8.1).

No se practica la fertilización de terrenos agrícolas con insumos químicos ni orgánicos, excepto en algunas parcelas supervisadas de palmito. Los principales cultivos como la yuca, el plátano, la piña, el maíz, el arroz y la caña de azúcar, se cultivan en los suelos de mejor fertilidad (ver también el Capítulo 2). A estos cultivos le siguen en importancia las plantaciones dispersas de pijuayo-palmito, en algunos caseríos localizados en las áreas de influencia de la carretera Iquitos-Nauta, principalmente en las Asociaciones Agrarias de Paujil, Nuevo Horizonte y Ex Petroleros, que representaría aproximadamente el 15 % del total del área cultivada de estas

asociaciones. Los frutales cítricos (limón, toronja y cidra principalmente), se cultivan por lo general en las huertas familiares. Se llevan al mercado esporádicamente cuando existen excedentes.



**Figura 8.1.** Diferentes actividades en la margen de la carretera Iquitos-Nauta en el año 1997. **A.** Vista parcial de una acción de tumba, roza, quema, de un área recién ocupada, caracterizada también por extracción de madera. **B.** Plantación experimental de pijuayo en terrenos del INIA. (Fotos: Autores de este Capítulo)



La actividad pecuaria en la zona todavía es incipiente y se circunscribe principalmente a la crianza de animales menores como gallinas, patos y porcinos. No obstante ello, un porcentaje muy reducido de familias cría vacunos (7 %), ovinos (5 %) bubalinos (4 %) y caprinos (2 %).

En cuanto a la actividad agrícola desarrollada tradicionalmente en las márgenes de los principales ríos de la zona que abarca islas y orillales, de topografía plana a ligeramente cóncava, inundables con frecuencia por la creciente de los ríos, ha ido incrementándose notablemente, no obstante sus oscilaciones de acuerdo a las políticas del momento. Para disminuir los riesgos de inundación en éstos ambientes, es recomendable el cultivo de especies de corto período vegetativo, tales como arroz, maíz, frijol, sandía y algunas hortalizas. En los terrenos altos no inundables llamados "restingas altas" que pueden ser planos, ondulados o quebradas, se siembra yuca, plátano y otros cultivos (ver el Capítulo 6).

Una de las políticas del Estado durante la década de los años 1960, fue entre otras, el de potenciar el desarrollo agropecuario de la zona a través de diversos mecanismos: introducción de nuevos cultivos, mejoramiento ganadero y la promoción de crédito a interés cero. Así, el monto de los créditos para el departamento de Loreto en 1970 fue de S/. 100 200 000 repartidos entre 5 037 personas. La mayor parte de estos créditos no fueron dirigidos hacia el desarrollo agropecuario, solo se limitaron a la primera fase: rozar el bosque, para cumplir la supervisión bancaria y luego dejar que se empurme. Estas tierras abandonadas abundan en algunas partes de la zona de influencia de la carretera Iquitos-Nauta.

Otra de las políticas del Estado al inicio de la década del 1980, llevó al campesino amazónico a modificar su cartera de cultivos, sin dejar de mantener una parte de sus parcelas con cultivos para su autoconsumo (por ejemplo yuca, plátano, hortalizas, maní y frejol); a diferencia de los colonos andinos, que habían optado, con el apoyo estatal, por el monocultivo de arroz para el consumo regional y de maíz amarillo duro, destinado a la avicultura. Al desaparecer este apoyo en los últimos años, este productor entró en una etapa de profunda crisis. En ésta misma década, en el área de estudio se produjo un cambio radical en lo que al uso de la tierra se refiere, al introducirse como alternativa el cultivo intensivo de la palma aceitera africana, para la producción de aceite comestible. En estos proyectos se tuvo que eliminar grandes áreas de bosques con maquinaria. Esta iniciativa perdió impulso a los pocos años, estando actualmente estas plantaciones casi abandonadas, debido a los cambios de la política económica de los diferentes gobiernos.

## **ANÁLISIS DE LA DEFORESTACIÓN**

### **MÉTODOS DEL ANÁLISIS**

En la identificación y cuantificación de las áreas deforestadas correspondientes a la zona de estudio, plasmados en el mapa de deforestación, se emplearon un conjunto de materiales cartográficos impresos, así como fotos aéreas e imágenes de satélite



Landsat TM en formato fotográfico (Tabla 8.6). Para el caso del presente estudio, de acuerdo al material cartográfico disponible, el lapso de tiempo determinado es de 12 años, comprendidos entre 1983 a 1995, dentro del cual se han considerado cuatro períodos: 2 años (1983-85), 4 años (1985-1989), 4 años (1989-1993), y 2 años (1993-1995). También se utilizó fotoíndices para estudiar fases de deforestación antes del año 1993.

**Tabla 8.6.** Materiales utilizados en el análisis de la deforestación.

TIPO DE MATERIAL	Hojas	Escala	Año
Carta Nacional	8o, 8p, 8q, 9o, 9p, 9q, 10o, 10p, 10q	1: 100 000	
Mapa planimétrico de imágenes de satélite	SA18-15, SA18-16, SB18-3, SB18-4	1: 250 000	1983
Imágenes de satélite Landsat TM	En papel fotográfico	1: 250 000	1985 1989 1993 1995
Fotoíndices	Proyecto 414-91-A	1: 10 000	1991
	Proyecto 313-79-A	1: 20 000	1980
	Proyecto 214-72-A	1: 20 000	1972
	Proyecto 119-64-A	1: 20 000	1964
	Proyecto 3094	1: 30 000	1948

Durante el desarrollo de las interpretaciones de las imágenes de satélite en el área de estudio que abarca una superficie total de 830 132 ha, se emplearon una serie de equipos entre los que se encuentra estereoscopio de espejos, pantógrafo óptico y equipo de computación con programas de SIG (Sistema de Información Geográfica). Para la elaboración del mapa base, que comprende la red hidrográfica y los principales centros poblados, se tomó como matriz la imagen de Satélite Landsat TM del año 1993 a escala de 1:250 000, previamente delimitada con las coordenadas tomadas del Mapa Planimétrico. La misma imagen se presenta en el Anexo del presente libro (Mapa geoecológico de la zona de Iquitos, Perú).

Las interpretaciones se hicieron en tres etapas operativas de trabajo: precampo, campo y post campo. La escala de trabajo seleccionada permite individualizar claramente, tanto las áreas boscosas de las áreas perturbadas o deforestadas, que incluyen bosque secundario ó purmas, áreas de cultivo, áreas urbanas, como los cuerpos de agua, que incluyen ríos y cochas.

Se procedió a la delimitación de las áreas, mediante el sistema de interpretación visual en cada uno de los materiales cartográficos seleccionados, teniendo en cuenta la tonalidad, color, textura y forma de las unidades. Luego de la interpretación preliminar, se hizo un sobrevuelo en el área motivo del estudio, utilizando una avioneta de alas altas, para facilitar una buena observación y descripción del área. También se hizo estudios en el campo para resolver o aclarar las dudas aún existentes, así como obtener informaciones adicionales que no son posibles de obtener de otro modo, por ejemplo uso de la tierra, tipos de suelo y algunos tipos de vege-

tación. Luego de las informaciones obtenidas, se regresó al gabinete con el fin de procesar la interpretación definitiva. Para el área correspondiente a cada unidad del mapa de deforestación se empleó un SIG.

Es importante remarcar en éste punto, que los valores de deforestación que presentamos en este estudio no son absolutos, puesto que las imágenes de satélite no reflejan en todos los casos la realidad con exactitud. Otra fuente de error que podemos considerar es que en el proceso de digitalización, se van perdiendo algunas formas del trabajo inicial que incrementan o disminuyen los valores hallados en la interpretación de las imágenes. En las áreas inundables, las zonas deforestadas por el hombre no son fáciles de separar de las unidades naturalmente ocupadas por vegetación perturbada, como resultado de dinámica fluvial.

## **AVANCE DE LA DEFORESTACIÓN**

### **Análisis de los fotoíndices**

Los fotoíndices cubren partes incompletas del área de estudio pero pueden ser utilizados para tener una imagen general de las tendencias de deforestación en los años anteriores a la disponibilidad de las imágenes de satélite.

En el año 1948 se observa que en ambas márgenes del río Itaya, en el sector cercano a su desembocadura con el río Amazonas, aún permanece con su cobertura boscosa, lo mismo que el sector donde actualmente se encuentra el aeropuerto internacional. Por estos años aún no se vislumbraba el crecimiento urbano desmesurado de Iquitos. También se observa en las islas y orillales del río Amazonas una incipiente intervención del bosque.

En los fotoíndices del año 1964 se observa que la deforestación recién empieza a intensificarse. Apreciándose que por estos tiempos, había aún preferencia o tendencia de los colonos por asentarse en mayor cantidad, sobre las márgenes de los ríos, donde los suelos son más fértiles, tal como sucede en el río Itaya. También se observa que, sobre ambas márgenes de las carreteras que salen de Iquitos hacia el Lago Quistococha y hacia el río Nanay, se empiezan a poblar, abriéndose pozos indiscriminadamente.

Hasta antes de la década del 1970, no había trazo de la carretera Iquitos-Nauta, toda la actividad agropecuaria estaba asentada en las márgenes de los principales ríos de la zona, especialmente Amazonas, Nanay, Itaya, Momón y Tamshiyacu, ocupando las áreas inundables o restingas bajas y las áreas no inundables o restingas altas, además de las playas. Al contrario de lo que sucedió en el ámbito urbano, en el ámbito rural, durante la primera mitad de la década del 1970 (1970-1975), las áreas agrícolas no se incrementaron, al contrario muchas de ellas fueron abandonadas, causando un impacto negativo en la producción agrícola de arroz, maíz y plátano.

En el año 1972 se puede apreciar claramente como avanza la deforestación en forma galopante, sobre lo que iría a ser los inicios de la carretera Iquitos-Nauta. Así mismo se observa el incremento de los rozos sobre las márgenes del río Itaya, en

sus sectores medios y altos. Lo mismo sucede en el sector del aeropuerto internacional de Iquitos, que ya se encuentra envuelto por las áreas deforestadas. En cuanto a la cuenca del río Tamshiyacu, a lo largo de su cauce sólo se observa pocas áreas desboscadas, la mayor parte de la actividad agropecuaria se ubica a orillas del río Amazonas, que ya se encuentra envuelto por las áreas deforestadas.

### Análisis de imágenes satélite

Las imágenes de satélite estudiadas indican que durante el lapso de tiempo estudiado, se han presentado cambios significativos en lo que respecta a la extensión de los bosques (Figura 8.2). En el año 1995, el área perturbada o deforestada con fines agropecuarios alcanza hasta 140 580 ha (16,9 % del área total), mientras que los bosques no intervenidos tienen un área de 657 261 ha (79,2 %); el restante 32 291 ha (3,9 %), corresponde a los cuerpos de agua y centros poblados.

Al calcular el área deforestada para cuatro períodos de análisis - el inicial de 2 años, los dos siguientes de 4 años cada uno y el último restante, de dos años - éstos presentan una tendencia decreciente (Tabla 8.7). El área total deforestada o perturbada, para el año inicial del análisis (1983) fue de 89 498 ha (10,8 % del área total); mientras que para 1995, considerado como año final, se tiene un total aumento de 51 082 ha (en promedio 4257 ha por año).

Tabla 8.7. Área deforestada por período según imágenes de satélite estudiados.

PERÍODO	Años	Área deforestada (ha)	Área deforestada (%)	Deforestación anual (ha/año)
1983-1985	2	13 269	1,6	6634,5
1985-1989	4	22 442	2,7	5610,5
1989-1993	4	12 693	1,5	3173,2
1993-1995	2	2 678	0,3	1339,0
1983-1995	12	51 082	6,2	4256,8

La deforestación, particularmente detectada en el área de estudio, es en parte consecuencia de los cambios políticos y socioeconómicos que ha sufrido el país en las últimas décadas. A continuación tratamos de correlacionar los resultados del monitoreo de la deforestación con los aspectos demográficos y socioeconómicos durante el lapso de 12 años, para los períodos monitoreados.

#### *Año inicial 1983*

Tomando como punto de partida este año, el área deforestada acumulado de décadas anteriores, se atribuye a los eventos acaecidos, como la Ley N°15600 que impulsó el despliegue comercial y la prospección petrolera durante la primera mitad de la década de los 1970, que llegó a ocupar hasta 15 000 trabajadores, como los principales factores responsables del desmesurado crecimiento demográfico de Iquitos, que desembocó en la expansión urbana de la ciudad, formándose, entre 1971 y 1980, 36 pueblos jóvenes en su periferia, por medio de invasiones.



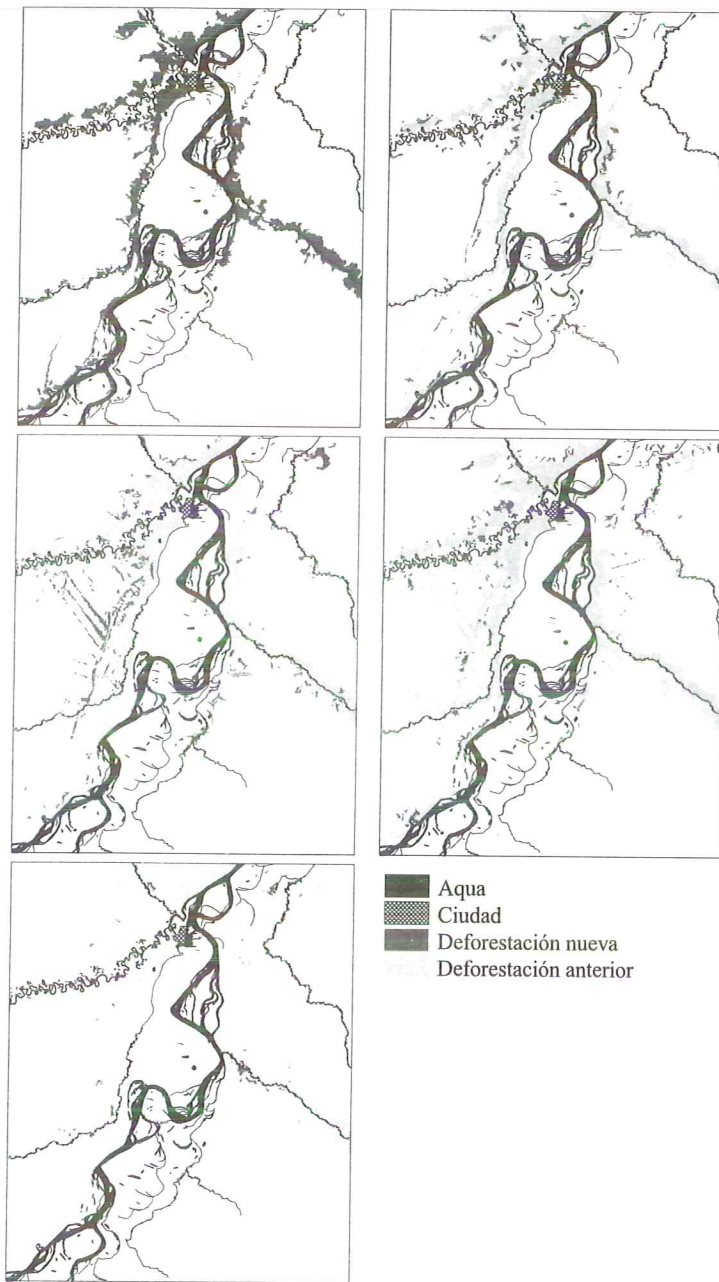


Figura 8.2. Patrones de deforestación en los años estudiados.

Fuera del ámbito urbano, la construcción de la carretera Iquitos-Nauta, iniciada en la década del 1970, sin estudios de prefactibilidad, empujó a cientos de desocupados de la actividad petrolera a posesionarse de ambas márgenes de la citada vía, tumbando el monte, para instalar sus unidades de producción agropecuaria. Lo que resultó fue un acelerado proceso de deforestación sobre suelos que no tienen mayormente aptitud para actividades agrícolas según el estudio "Zonificación Ecológica y económica del Area de influencia de la carretera Iquitos-Nauta" (CTAR/ IIAP 1996a,b).

#### *Período 1983-1985*

Durante este período el área deforestada alcanzó las 13 269 ha, que equivale a una tasa de deforestación de 6634 ha por año. En este período aún continuó la expansión urbana, alcanzando a 43 el número de Pueblos Jóvenes formados en la periferia de la ciudad de Iquitos.

De igual manera continuó la deforestación de las áreas inmediatas a la carretera Iquitos-Nauta, a medida de su avance. A inicios de este período, en los sectores ribereños de los principales ríos de la zona, la producción agrícola empezó a recuperarse llegando a superar los volúmenes anteriores, merced a las políticas de fomento crediticio dadas por el Estado, lo que significa, deforestación en nuevas áreas para la actividad agrícola.

#### *Período 1985-1989*

Durante este período el área deforestada alcanzó 22 442 ha; la tasa anual de deforestación disminuyó en casi 1000 ha con respecto a la tasa anual del período anterior. Sin embargo, continuó con la expansión urbana y con mayor impulso los asentamientos colonizadores en la carretera Iquitos-Nauta y sus rutas transversales (Figura 8.3). Mientras que en los sectores ribereños de los principales ríos las áreas agrícolas se incrementaron pero en menor intensidad, con excepción del río Manítí, dónde la deforestación fue mayor para producción de palma aceitera.

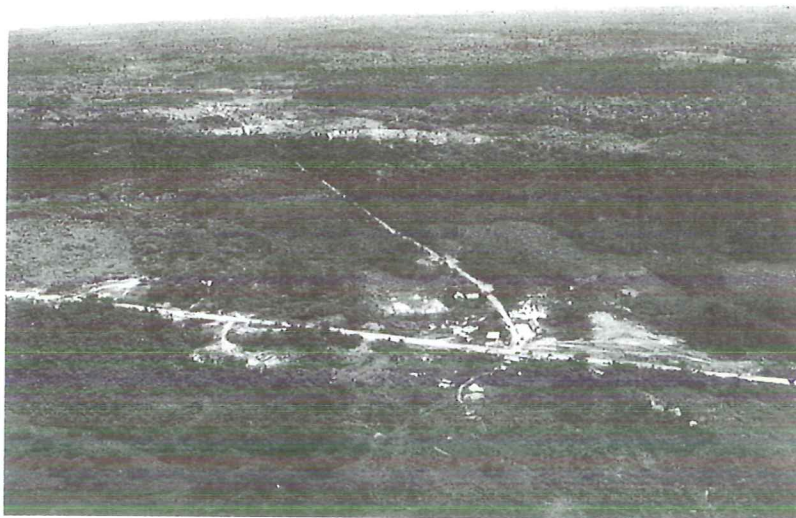
En este período se produjo un cambio radical en lo que al uso de la tierra se refiere, creándose los complejos agroindustriales, con cultivos intensivos como la palma aceitera africana, para la producción de aceite comestible, para lo cual se tuvo que eliminar grandes extensiones de bosque.

#### *Período 1989-1993*

Durante este período el área deforestada alcanzó las 12 693 ha, con una tasa anual decreciente del período anterior (Tabla 8.7). Sin embargo, en este período, aún continuó la expansión urbana en la periferia de la ciudad de Iquitos, con un número bastante elevado de pueblos jóvenes, que alcanzó a fines del período 119 asentamientos.

En este período no se ha localizado un sector específico donde se haya producido una concentración marcada de deforestación, estas se han talado indistintamente en todo el ámbito del área de estudio: carretera Iquitos-Nauta, rutas trans-

versales y ríos principales; a excepción de los orillales del río Amazonas, donde se observa una menor proporción de áreas nuevas. En este período se puso fin a los incentivos crediticios de la agricultura como parte de la política liberal del actual gobierno.



**Figura 8.3.** El asentamiento Paujil en enero de 1996. Delante la carretera Iquitos-Nauta, atrás trocha directa ("transversal") hacia el río Nanay, originalmente aperturado entre 1985 y 1989 (ver también el Mapa Geoecológico, Anexo de este libro). La deforestación todavía se concentra en una faja cercana de la carretera, mientras que el bosque primario caracteriza el paisaje general. (Foto: Kalliola)

#### *Período 1993-95*

Durante este período se alcanzó los niveles más bajos de deforestación, a una tasa de 1339 ha por año. Al igual que en el período anterior, no hubo un sector específico donde se haya concentrado la deforestación, habiéndose realizado esta diferentemente en todo el ámbito del área de estudio, en lugares más alejados de las ya deforestadas.

En este período, las tasas de crecimiento poblacional se normalizaron en los diferentes sectores del área de estudio, como resultado de la eliminación de la influencia de los incentivos legales, respecto a liberación de impuestos y producción de cultivos específicos. También influyó la desaparición de la concentración de personal por prospección petrolera de los años 1970. Se asume que la tasa de deforestación de éste período, corresponde a la realidad, que aproximadamente se debe sólo al crecimiento vegetativo sin influencias de migraciones ni de los estímulos creados por el Estado.



## PATRONES DE DEFORESTACIÓN

En términos generales, los patrones de deforestación están ligados a los tipos de asentamiento. El patrón más frecuente se relaciona con la forma y grados de participación o intervención del Estado, distinguiéndose básicamente dos tipos: "asentamiento espontáneo" y "asentamiento dirigido", y a veces uno o más grados intermedios "semidirigidos".

Otros criterios pueden estar relacionados con las características de las unidades de explotación y con el uso de los recursos, especialmente con su disposición espacial, también con su dimensionamiento, modalidad de adjudicación, tipo de empresa que conduce y explota las superficies otorgadas, y orientación principal de las actividades económicas, entre otras.

Se distingue así asentamientos dispersos, concentrados, lineales, modulares, de pequeña propiedad, de mediana o gran propiedad; de propiedad individual, asociativa o mixta; y asentamientos básicamente agrícolas o forestales. Generalmente en el ámbito del estudio coexisten asentamientos de diversos tipos, pero las características se acentúan o polarizan en determinado sentido según se trate de asentamientos "espontáneos" ó "dirigidos" por el Estado.

El asentamiento espontáneo constituye la modalidad o tipo de asentamiento predominante en la Selva Baja, y en especial, en el área de estudio, ya que los asentamientos organizados y dirigidos por el Estado han tenido poca significación por la escasa población involucrada. En el área de estudio, por lo menos, puede distinguirse dos tipos de asentamiento espontáneo relacionándolo con la acción del Estado: "espontáneo pionero" y "espontáneo inducido".

El asentamiento "espontáneo pionero", es el que se encuentra en sitios con tierras relativamente fértiles (áreas caracterizadas por Formación Pebas, ver por ejemplo Capítulo 12 y otros) a lo largo de los ríos principales del área de estudio: Amazonas, Marañón, Nanay, Itaya, Momón y Tamshiyacu, en áreas que no tienen la influencia inmediata de carreteras construidas por el Estado o por particulares. Es el asentamiento que se adelanta a toda acción promotora del Estado, pero puede estar relacionado con la presencia por ejemplo de plantaciones o haciendas.

El asentamiento "espontáneo inducido", es el que irrumpe ó se intensifica a raíz de inversiones del Estado, especialmente en la construcción de carreteras, como la de Iquitos-Nauta. Se realiza como resultado de decisiones voluntarias adoptadas por pobladores que se movilizan impulsados por aspiraciones de mejoramiento de condiciones de vida, que no pueden satisfacer en sus lugares de origen ó de residencia y que son atraídos por facilidades existentes para el acceso a la tierra en las zonas de asentamiento. Se origina, generalmente, en lugares relativamente cercanos y contiguos a las zonas de asentamiento pionero, siguiendo determinadas rutas conocidas, a veces establecidas desde épocas antiguas. Muchas veces las tierras ocupadas no presentan suelos con mucho capacidad agrícola (ver los Capítulos 5 y 12).

En general, se puede concluir que no habiendo factores que estimulan la deforestación, esta actividad se mantendrá a un ritmo con pequeñas oscilaciones, sujeta al crecimiento vegetativo de la población. Por otro lado la construcción de la carre-

tera Iquitos-Nauta probablemente está iniciando una nueva época de masiva deforestación.

## DEFORESTACIÓN Y OTROS RECURSOS

La deforestación detectada en el área es consecuencia en parte de los cambios sociales y políticos que ha sufrido el país en las últimas dos décadas, generando un proceso de colonización espontánea o dirigida con la esperanza de mejorar sus condiciones de vida. La situación se agrava debido a las técnicas empleadas por el colono, que para instalarse por lo general, ha seguido el procedimiento de rozo, tumba y quema, causando graves daños al ecosistema. Se destruye la vegetación original para reemplazarla por otra, ya sea de cultivos agrícolas o pastos, eliminando la posibilidad de recuperación del bosque, e incluso teniendo que abandonar sus tierras para iniciar la búsqueda de nuevas áreas para desarrollar sus actividades agrícolas o pecuarias.

En el caso particular de la zona de Iquitos y en el área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta, la deforestación tiene como causas principales a los siguientes factores: pobreza de la población rural, migración, urbanizaciones, desempleo en la ciudad, carretera, agricultura migratoria extensiva y precaria, ganadería extensiva, y explotación maderera para la industria, entre otras.

Todas estas actividades, inciden en mayor o menor intensidad, en la transformación del dosel de la cobertura arbórea en un área desnuda o en otra comunidad vegetal dominada por hierbas, arbustos, árboles pioneros y cultivos agrícolas. Esta situación afecta de manera directa la diversidad biológica del medio, a los suelos, al agua, al ambiente atmosférico y a la salud humana.

Una regla sencilla práctica, es que la extinción de una sola especie vegetal, puede originar la extinción de entre 10 y 30 especies animales, por las reacciones en cadena que provoca. Cuando las especies de plantas se extinguen, dejan de existir los medios de subsistencia de otras plantas, insectos y animales superiores. Son especialmente vulnerables, por ejemplo, las mariposas, algunos colibríes, tucanes y carpinteros. Igualmente, los suelos son afectados al quedar expuestos a los diferentes factores climáticos, provocando en ellos, la remoción de la capa superficial, que deviene en una erosión acelerada, arrastrando partículas de suelo, restos vegetales y otros, que colmatan los cursos de los ríos y otros ambientes acuáticos.

Otro impacto de la deforestación, es la presencia de gases termoactivos en la atmósfera, debido a la emisión de bióxido de carbono por efecto de quema de la masa boscosa, el más letal de los gases de invernadero, que calientan la atmósfera afectando el clima de la tierra y además ejercen su efecto en los sistemas ecológicos y socioeconómicos. Los cambios en la temperatura, la precipitación y la humedad del suelo, afectarán la disponibilidad de agua y la productividad agrícola; igualmente, alterarán la productividad en los límites de los ecosistemas terrestres naturales.

Finalmente, la pérdida de la biodiversidad y de los valores paisajísticos, puede ocasionar restricciones para la aplicación de otros caminos de desarrollo regional, como manejo forestal, extractivismo selectivo y ecoturismo.

## CONCLUSIONES

En general, existe depredación significativa del recurso forestal, que ocurre pese a existir normatividad que la prohíbe. La agricultura migratoria no tradicional, es la forma más agresiva de explotación y destrucción de los recursos naturales. En el área de estudio, por lo menos, puede distinguirse dos tipos de asentamiento espontáneo relacionándolo con la acción del Estado: “espontáneo pionero” y “espontáneo inducido”.

La deforestación espontánea detectada en la zona de Iquitos se concentra en las riberas de ríos, en lugares donde las tierras soportan producción agrícola. Al contrario, especialmente el asentamiento inducido por construcción de carreteras, ha introducido deforestación en áreas de menor capacidad productiva. La zona de la carretera Iquitos-Nauta y su área de influencia, es considerada como una zona crítica, debido a lo intenso y violento de las acciones a las que están sometidas las tierras forestales. Un ejemplo es el crecimiento urbano de la ciudad de Iquitos y el desarrollo de actividades económicas, como la agricultura, ganadería y los cultivos ilícitos en las áreas circunvecinas a la citada carretera, en su mayor parte sobre suelos que no tienen vocación para esos fines.

La información obtenida a través del monitoreo, es muy importante para las instituciones dedicadas al desarrollo de la región y para la formulación y actualización de políticas forestales. Son evidentes la falta de reglamentación de algunas normas muy importantes, la armonización de una adecuada coordinación institucional y la carencia de recursos económicos y logísticos para la lucha contra la depredación forestal. También falta conciencia en la población, prioritariamente rural, para que no abandonen sus predios, no destruya los bosques y conserven las áreas donde se han realizado plantaciones forestales.

Por estas razones, es recomendable coordinar la inclusión de cursos de conservación y uso sostenible de recursos naturales en la currícula de estudios de los niveles primarios y secundarios; concertar con las instituciones competentes la aplicación del cumplimiento de la normatividad vigente; reglamentar la protección, conservación y uso sostenible de los recursos naturales y protección del medio ambiente; promover campañas de reforestación masiva para recuperar las áreas depredadas; sancionar efectivamente a los que realicen plantaciones agrícolas de poca duración en laderas de alta pendiente y promocionar y difundir la aplicación de los sistemas integrales de producción por ser viables en la zona.





# CAPÍTULO 9

## EVALUACIÓN DE BOSQUES SECUNDARIOS DE LA ZONA DE IQUITOS

Tedi Pacheco Gómez, Ronald Burga Alvarado, Pedro A. Angulo  
Ruiz y José Torres Vásquez

---

### RESUMEN

Se evaluaron catorce purmas de los alrededores de Iquitos, con rangos de edades de cinco y de quince años. El levantamiento de los datos biométricos se realizó en dos, tres y cuatro parcelas de 20 x 20 m. En las purmas de cinco existe más familias de plantas que en las de quince años pero tienen menos géneros y especies que las de quince años. En las catorce purmas, se han registrado 288 especies, agrupadas en 165 géneros y 63 familias. Existe una gran variación entre los sitios y entre las purmas evaluadas, tanto inter como intra edades. La similitud florística entre las purmas es menor de 35 %, por lo que no ha sido posible clasificarlas o tipificarlas adecuadamente. La densidad de las purmas, se concentra en la categoría diamétrica de 0-10 cm. Las purmas de cinco años tienen mayor densidad que las purmas de quince años. Los sitios cercanos a las ciudades son los que tienen menor valor actual. El 68 % de especies de las purmas de cinco y quince años tienen uso actual, lo que demuestra el alto potencial de las purmas con especies de uso maderero, industrial, artesanal, medicinal, alimenticio y ornamental. El volumen de las purmas, en términos de número de productos, metros cúbicos y metros lineales, es muy variado. Así, el volumen en número de productos de las purmas de quince años es mayor que de las de cinco años; el volumen en metros lineales de las purmas de cinco años es mayor que de las de quince años. Las purmas de quince años tienen mayor valor que las de cinco años, sin embargo la variación del valor referencial económico entre las purmas de una misma edad también es grande.

### INTRODUCCIÓN

La Amazonía peruana, al igual que las regiones tropicales de otros países, está sometida a una intensa deforestación causada por la agricultura migratoria (Watters 1968, 1971, Dourojeanni 1990), que no es más que una simple tala del bosque para habilitar tierras para fines agropecuarios (Malleux 1986). Después de ser cultivadas

*En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114: 389-416.*

de dos a cuatro años, son a menudo abandonadas y dejadas para invasión de vegetación espontánea, formando bosques secundarios o las llamadas "purmas". La tasa anual de deforestación en el Perú es de 261 158 ha por año, correspondiendo al Departamento de Loreto una elevada tasa de deforestación de 54 712 ha por año (INRENA 1996b).

Mediante el proceso sucesional secundario, las áreas deforestadas y abandonadas, adquieren una cobertura boscosa diversificada, con la presencia de especies herbáceas, especies de bosque secundario joven, y especies de bosque secundario tardío (Malleux 1975). De las herbáceas, las más significativas, son las gramíneas y las compuestas; de bosque secundario joven, se tiene especies de los géneros *Cecropia*, *Ochroma*, *Croton*, *Jacaranda*, entre otros; y de bosque secundario tardío, se tiene especies de los géneros *Ficus*, *Guarea*, *Terminalia*, *Inga*, entre otros. Reynel citado por Dourojeanni (1987, 1990), en una primera revisión sobre las especies arbóreas y arbustivas más conspicuas de los bosques secundarios, registra más de cien especies agrupadas en 61 géneros y 33 familias.

Por otra parte, Tello & Burga (sf), sobre la base de la información de Padilla & Maury (1992) afirman que el número de individuos así como su composición florística es variable según la edad; indicando que en Llançama una purma de dos años tiene 19 800 individuos por hectárea mientras el de ocho años tiene sólo 10 899 individuos por hectárea. También otros estudios confirman lo precisado por Denevan & Treacy (1982), que la composición de la vegetación en purmas de la misma edad varía considerablemente según la edad del bosque original, su proximidad a éste, la composición de la chacra, las diferencias de suelos, el drenaje, las plagas y en especial los sistemas de manejo, es decir, dependiendo de la historia particular de cada una.

Según Brack (1990) existen más de dos mil plantas útiles en la Amazonía para diversos fines, desde alimento hasta madera y productores colorantes. Dentro de ese contexto, Barbagelata (1995) afirma que las especies de purmas en un 98 % tienen utilidad para los pobladores rurales y también a los urbanos, pues suministran alimentos, leña, material para construcción de casas, medicinas, instrumentos, y proteínas entre otros. Según la abundancia relativa de las especies por categorías de uso y edad de las purmas, las especies utilizadas como leña fueron las más abundantes, seguidas por las que son utilizadas en construcción y medicina (Unruh & Flores 1984). Es evidente que, las especies de purmas tienen una amplia gama de usos, y que existen otras potencialidades de usos con tecnologías desarrolladas en otros países, por ejemplo en la preparación de alimentos para ganado (Hajny 1981) y el uso de fibras de maderas en copolímeros madera-sustancias plásticas con características notables (Antoine 1976). En consecuencia, los barbechos forestales constituyen una opción prioritaria en la racionalización de la extracción forestal amazónica, por cuanto, al uso tradicional como mecanismo natural de recuperación de fertilidad de suelos, se añade el potencial de aprovechamiento de la biomasa del barbecho manejado Dourojeanni (1987, 1990).

El estudio de los bosques secundarios de la zona de Iquitos, tiene la finalidad de obtener información básica necesaria sobre las purmas y su desarrollo y determinar su potencialidad en la producción forestal. Con éste propósito, se han inventariado e identificado las especies de las purmas, se han determinado sus usos como pro-



ductoras tanto de maderas como de productos diferentes de la madera, y se han efectuado estimaciones del valor económico actual. La información generada, permitirá objetivizar a futuro, las posibilidades de su manejo sostenido.

## MÉTODO DE TRABAJO

### CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS Y DE LAS PURMAS

Los siete lugares estudiados (Figura 9.1), son representativos de las condiciones ambientales predominantes de los alrededores de Iquitos; su identificación se realizó, aplicando los mismos criterios de selección de los estudios de geología (Capítulo 4) y botánica (Capítulo 7; ver también el Capítulo 11). Las características de los siete sitios se describen en la Tabla 9.1.

Las purmas de diferentes edades fueron localizadas a través de incursiones exploratorias a distintos puntos de los sitios seleccionados y consultas a los pobladores, sobre referencias de la existencia de áreas empurmadas o chacras abandonadas de cinco y de quince años de edad. Para obviar la inexistencia de purmas de las edades preestablecidas, se consideraron dos marcas de clase. La primera clase, de 5 años, involucraban a purmas entre 2,5 y 7,5 años, y la segunda clase, de 15 años, involucraban a purmas entre 12,5 y 17,5 años. La edad de las purmas, fue determinada a través del método de prospección histórica, con participación de los propietarios u otras personas afines o conocedores de las mismas. Los criterios de selección de las purmas fueron: que estuvieran lo menos perturbadas y relativamente alejadas tanto de los caseríos o viviendas aisladas como de senderos de tránsito constante, y que tuvieran un tamaño adecuado para el trabajo.

La superficie, el número de parcelas inventariadas de cada una de las purmas, así como las coordenadas geográficas de cada una de las parcelas se muestra en la Tabla 9.2. La superficie de las purmas inventariadas varía de 0,5 ha a 2,0 ha, excepto la purma de catorce años de San Gerardo, que supera las treinta hectáreas. El número de parcelas inventariadas, por cada purma evaluada, varía de dos a cuatro.

### INVENTARIO FORESTAL DE LAS PURMAS

#### Levantamiento de la información

La información de campo fue levantada en parcelas de 20 x 20 m y en subparcelas de 2 x 2 m. En las parcelas de mayores, se inventariaron los individuos con diámetro normal igual o mayor de 2,5 cm; mientras que en las subparcelas, fueron inventariados los individuos con diámetro normal de 1 cm.

**Tabla 9.1.** Características generales de los sitios estudiados en los alrededores de Iquitos.

SITIOS	Ubicación Geográfica	Ubicación Política	Unidad según Mapa Geoecológico (ver Capítulo 11)
<b>Magdalena</b>	Margen izquierda del río Tamshiyacu	Distrito de Tamshiyacu	Paisaje colinoso de suelos arcillosos, lado oriental del río Amazonas.
<b>Tarapoto</b>	Margen izquierda del río Nanay	Distrito de Iquitos	Paisaje colinoso de suelos arcillosos, lado occidental del río Amazonas.
<b>Nina Rumi</b>	Margen derecha del río Nanay	Distrito de Iquitos	Mosaico de arenas blancas, suelos francos y suelos arcillosos.
<b>San Gerardo</b>	km 12 carretera Iquitos-Nauta	Distrito de Iquitos	Mosaico de arenas blancas, suelos francos y suelos arcillosos.
<b>El Milagro</b>	km 15 carretera Iquitos-Nauta	Distrito de Iquitos	Mosaico de arenas blancas, suelos francos y suelos arcillosos.
<b>Nuevo Horizonte</b>	km 40 carretera Iquitos-Nauta	Distrito de Iquitos	Paisaje colinoso de suelos arcillosos, lado occidental del río Amazonas.
<b>Nauta</b>	Margen izquierda del río Marañón	Distrito de Nauta	Paisaje disectado de tipo Nauta.

En cada una de las purmas evaluadas, se consideró edad, número de veces que se hizo chacra, área, unidad geoecológica, textura del suelo, número de parcelas evaluadas y las coordenadas geográficas (Tabla 9.2).

En el inventario de las especies vegetales (Figura 9.2), estas fueron discriminadas en cinco formas de vida: árboles, arbustos, palmeras, lianas, hierbas. Tanto para los árboles como para los arbustos, se tuvo en cuenta especie (nombre común, nombre técnico, género, y familia), diámetro normal, altura total, altura comercial, y observaciones (por ejemplo, recolección de muestras botánicas). En las palmeras, se tuvo en cuenta especie (nombre común, nombre técnico, género, y familia), altura total, y observaciones. Para las lianas, se tuvo en cuenta especie (nombre común, nombre técnico, género, y familia), diámetro normal (cuando fue posible, de lo contrario, se indicó a qué altura se midió), número de lianas por cepa o mata, y observaciones. Para las hierbas, se consideró especie (nombre común, nombre técnico, género, y familia, cuando fue posible), altura y observaciones.

El nombre común fue determinado con la participación de un "matero" o guía seleccionado del mismo lugar. El diámetro de los individuos con diámetro normal mayor o igual a 5 cm se midió con una cinta diamétrica; mientras que los demás individuos, fueron medidos con un "vernier". Las alturas o longitudes tanto total como comercial de los individuos de 1,5 m o más, fueron estimados ocularmente con la ayuda de una vara graduada de cinco metros de longitud comprobándose cada cierto número de mediciones con un hipsómetro Haga. Los individuos menores de 1,5 m fueron medidos con una cinta métrica.

Tabla 9.2. Características generales de las purmas evaluadas de los alrededores de Iquitos.

SITIOS CON EDADES	Veces se hizo chacra	Área (ha)	Textura del suelo	Número de parcela	Latitud sur	Longitud oeste
Magdalena 7	2	2,0	Arcilloso	1	04°04,933'	73°06,319'
			-	2	04°04,857'	73°06,823'
			-	3	04°04,874'	73°06,817'
Magdalena 13	3	1,0	Arcilloso	1	04°04,152'	73°06,376'
			-	2	04°04,145'	73°06,356'
Tarapoto 5	2	0,5	Arcilloso	1	03°47,320'	73°25,241'
			-	2	03°47,176'	73°25,130'
Tarapoto 15	3	0,7	Arcilloso	1	03°47,320'	73°25,254'
			-	2	03°47,235'	73°25,108'
Nina Rumi 5	1	0,5	Arenoso	1	03°50,980'	73°22,991'
			-	2	03°51,953'	73°22,945'
Nina Rumi 13	1	0,7	Arenoso/	1	03°51,837'	73°23,277'
			Arcilloso	2	03°51,893'	73°23,355'
San Gerardo 7	1	0,6	Arenoso	1	03°56,561'	73°21,597'
			-	2	03°54,582'	73°21,555'
San Gerardo 14	1	ND	Arenoso	1	03°54,797'	73°22,138'
			-	2	03°54,851'	73°22,075'
			-	3	03°54,937'	73°22,292'
			-	4	03°54,825'	73°22,164'
El Milagro 7	2	1,2	Arcilloso/ arenoso	1	03°57,125'	73°22,667'
				2	03°57,124'	73°22,685'
				3	03°57,169'	73°22,673'
El Milagro 13	2	0,6	-	1	03°56,606'	73°22,202'
			-	2	03°56,579'	73°22,140'
Nuevo Horizonte 7	2	1,5	-	1	04°01,892'	73°26,154'
			-	2	04°01,866'	73°26,194'
			-	3	04°01,933'	73°26,282'
Nuevo Horizonte 13	3	0,5	-	1	04°01,291'	73°26,148'
			-	2	04°01,299'	73°26,130'
Nauta 7	2	0,7	Arcilloso	1	04°29,784'	73°35,656'
				2	04°29,782'	73°35,664'
Nauta 15	2	0,7	-	1	04°29,420'	73°35,024'
				2	04°29,319'	73°35,064'

La identificación botánica fue realizada paralelamente al registro de datos bio-métricos. Los individuos fueron identificados tentativamente, registrándose el nombre común, género, nombre científico o la familia en los casos que fueron posibles, y algunas características dendrológicas. Luego, se colectaron tres muestras botánicas (ramitas terminales) de cada uno de los individuos encontrados en cada una de las parcelas, se numeraron e inmediatamente se colocaron en una bolsa de polietileno con una solución FAA para su preservación hasta el momento de montaje. Las muestras tratadas se colocaron en las prensas y se codificaron por número de árbol y parcela para su secado primario y transporte a Iquitos. Posteriormente, fueron sometidos al secado definitivo en un secador eléctrico. La identificación definitiva fue realizada en el Herbario Amazonense por comparación con muestras



patrones, ayuda de material bibliográfico existente y la participación de un especialista.

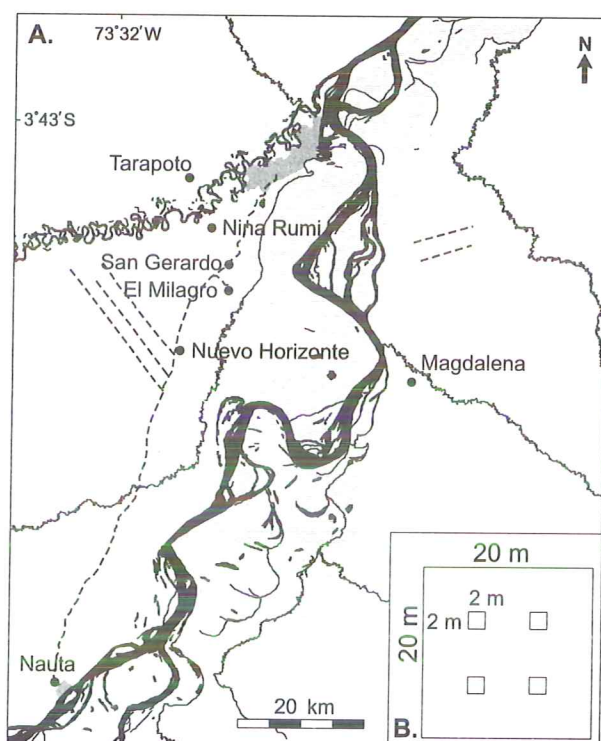


Figura 9.1. A. Ubicación de sitios de las purmas estudiadas. B. Diseño de la parcela de levantamiento de información de campo.

### Clasificación de las purmas

El criterio adoptado para la clasificación de las purmas de diferentes sitios y edades de los alrededores de Iquitos, fue la similitud existente entre ellas. En ese sentido, se determinó la similitud entre pares de purmas de diferentes sitios y edades bajo el criterio cualitativo, utilizando el coeficiente de Sorensen cuya expresión es:  $C_s = 200 \frac{c}{a + b}$ , donde  $a$  es el número de especies en la purma 1,  $b$  es el número de especies de la purma 2, y  $c$  es el número de especies comunes a ambas purmas (Franco *et al.* 1995).

En vista que la aplicación de la similitud entre las purmas, no permitió una visualización adecuada de las relaciones entre ellas, y como una forma de lograr una clasificación, con la información de la similitud, se aplicó la ordenación de coord-

nadas principales que forma parte de las matrices de semejanza del método de ordenación, descrito más detalladamente en el Capítulo 7.



**Figura 9.2.** A. Preparación de jalones para delimitar la parcela de evaluación. B. Premontaje de las muestras botánicas en el campo. (Fotos: Autores de este Capítulo).

## Determinación de los usos actuales

Los criterios de uso maderero, industrial, artesanal, medicinal y alimenticio han sido tomados del Documento Evaluación Ecológica de la Reserva Nacional Pacaya-Samiria (UNA 1993), y los considerados como ornamental e indeterminados, fue el criterio adoptado por los autores y colaboradores. El uso maderero se refiere a madera aserrada, laminada y otras afines; el uso industrial está ligado a la agroindustria; el uso artesanal se refiere a la fabricación de artesanías; el uso medicinal, esta relacionado a la preparación de pocimas, brebajes y otras afines; el uso alimenticio está relacionado al consumo (palmito, frutos); uso ornamental ligado a las plantas que sirven de adornos; y el uso indeterminado, califica al uso no definido en las consultas.

Los usos actuales de las especies encontradas en las purmas evaluadas, fueron determinados, en base a consultas a los lugareños, observaciones directas tanto en el sitio de ubicación de las purmas, como en la ciudad de Iquitos, y revisión complementaria de fuentes bibliográficas (Antoine 1976, Hajny 1981, Unruh & Flores 1984, Ferreyra 1986, Vásquez 1989, Brack 1990, UNA 1993, Duke & Vasquez 1994, Barbagelata 1995, Estrella 1995).

Las consultas a los lugareños se hicieron en dos momentos: al inicio del proceso, como parte de la información tomada en la selección y registro de datos de las purmas; y al finalizar los inventarios, con el propósito de averiguar y verificar el uso y la comercialización de las plantas ya identificadas con el nombre común.

El volumen de las especies vegetales de uso actual fue determinado aplicando los criterios de número de productos, metros cúbicos, y metros lineales como sigue:

- **El volumen en número de productos**, se refiere a las unidades que proporciona cada una de las especies vegetales, como número de caibros, plántulas para reforestación y plantas medicinales, entre otros. Este volumen comprende individuos de las formas de vida árboles y arbustos con diámetro de 10 cm o menos, también incluye individuos de las formas de vida palmeras y hierbas.
- **El volumen en metros cúbicos**, comprende a los individuos de las especies maderables de las formas de vida árboles y arbustos, con diámetro normal superior a 10 cm, usados como madera aserrada y laminada entre otros. El volumen en metros cúbicos de cada individuo, fue calculado mediante la ecuación de Spurr (Malleux 1982), dada por  $V=ab*hc*f$ , donde,  $ab$  es el área basal,  $hc$  es la altura comercial, y  $f$  es el factor de forma, cuyo valor utilizado comúnmente en la Amazonía peruana es igual a 0,7.
- **El volumen en metros lineales**, se aplica principalmente a las especies de lianas.

Concluidos el inventario forestal y el registro de uso actual, complementariamente se procedió a una valorización referencial de las purmas, adaptando el método de Llerena *et al.* (1979). Con éste propósito se utilizaron los precios actualizados a 1996, suministrados tanto por el Ministerio de Agricultura como aquellos vigentes en los lugares de comercialización más importantes de los productos fores-



tales principales en la ciudad de Iquitos. La unidad referencial es la hectárea, para hacer factible las comparaciones.

## RESULTADOS

### COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

La cantidad de familias, géneros y especies tanto global como por categorías diamétricas y formas de vida, se presentan, respectivamente, en las Tablas 9.3 y 9.4. En términos globales, respecto al número de familias, géneros y especies de las catorce purmas, corresponde a San Gerardo 14 los mayores valores y los menores valores a Nauta 7, Nina Rumi 5 y San Gerardo 7, respectivamente.

**Tabla 9.3.** Número de familias (F), géneros (G) y especies (E) en relación con las clases diamétricas de las purmas de diferentes sitios y edades.

SITIOS CON EDADES	Clases Diamétricas, cm									Total		
	00-10			11-30			31-60			F	G	E
	F	G	E	F	G	E	F	G	E			
Magdalena 7	22	36	43	12	14	14	-	-	-	22	39	47
Magdalena 13	16	20	21	12	12	12	-	-	-	17	21	22
Tarapoto 5	19	29	29	3	5	5	-	-	-	19	29	29
Tarapoto 15	22	30	29	14	17	18	2	2	2	23	31	35
Nina Rumi 5	16	17	21	3	3	3	-	-	-	16	17	21
Nina Rumi 13	19	25	26	7	8	8	-	-	-	19	25	26
San Gerardo 7	17	19	20	6	6	6	-	-	-	17	19	20
San Gerardo 14	32	59	67	13	17	18	3	3	3	32	60	68
El Milagro 7	23	37	41	15	22	24	-	-	-	24	41	46
El Milagro 13	25	37	42	10	12	12	4	4	4	27	40	46
Nuevo Horizonte 7	27	39	44	9	9	10	-	-	-	29	41	47
Nuevo Horizonte 13	24	36	42	11	12	13	-	-	-	26	39	45
Nauta 7	14	21	26	9	11	15	-	-	-	14	22	30
Nauta 15	25	39	43	13	15	16	2	2	2	28	42	48

En relación con las categorías diamétricas, sólo Tarapoto 15, San Gerardo 14, El Milagro 13 y Nauta 15 tienen especies presentes en las tres categorías diamétricas; mientras que las restantes solamente tienen especies presentes en las dos primeras categorías diamétricas de 0-10 cm y de 11-30 cm. En la categoría diamétrica de 31-60 cm, las especies presentes son: *Jacaranda copaia* y *Ficus máxima* en Tarapoto 15; *Hymenobium pulcherrimum*, *Alchornea triplinervia*, e *Inga marginata* en San Gerardo 14; *Guatteria elata*, *Cecropia membranacea*, *Couma macrocarpa* y *Eschweilera albiflora* en El Milagro 13; *Miconia poeppigiana* e *Inga thibaudiana* en Nauta 15.

**Tabla 9.4.** Número de familias (F), géneros (G) y especies (E) en relación con las formas de vida de las purmas de diferentes sitios y edades.

SITIOS CON EDADES	Forma de Vida														
	Arbol			Arbusto			Palmera			Liana			Hierba		
	F	G	E	F	G	E	F	G	E	F	G	E	F	G	E
Magdalena 7	15	20	25	10	15	8	-	-	-	4	4	4	-	-	-
Magdalena 13	12	13	13	3	3	3	1	2	3	2	2	2	1	1	1
Tarapoto 5	14	20	20	5	5	5	1	1	1	2	3	3	-	-	-
Tarapoto 15	17	20	20	7	7	10	1	2	2	2	3	3	-	-	-
Nina Rumi 5	12	13	15	5	5	5	-	-	-	-	-	-	1	1	1
Nina Rumi 13	17	22	23	3	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Gerardo 7	11	13	14	6	6	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Gerardo 14	23	44	50	10	13	15	1	2	2	2	2	2	-	-	-
El Milagro 7	20	31	32	6	7	10	1	1	1	3	3	3	-	-	-
El Milagro 13	17	24	28	11	12	14	-	-	-	3	4	4	-	-	-
Nuevo Horizonte 7	22	26	31	8	11	11	1	1	1	3	3	3	1	1	1
Nuevo Horizonte 13	20	30	32	8	9	11	-	-	-	2	2	2	-	-	-
Nauta 7	10	14	17	8	10	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nauta 15	22	28	30	11	14	16	-	-	-	2	2	2	-	-	-

Respecto a las formas de vida árboles y arbustos, estos se hallan presentes en todas las purmas, mientras las palmeras están presentes en seis purmas y las lianas en diez purmas. Las hierbas aparentemente no son componentes importantes en las purmas estudiadas. En el caso de los árboles, la purma con más familias, géneros y especies es San Gerardo 14. La purma con menos familias es Nauta 7, y la que menos géneros presentan son Magdalena 13, Nina Rumi 5 y San Gerardo 7. La purma con el menor número de especies es Magdalena 13.

Las 288 especies registradas están agrupadas en 165 géneros y 63 familias (Tabla 9.5). Casi todas las familias y géneros están presentes en la categoría diamétrica de 0-10 cm, lo que indica una intensiva regeneración, sólo las familias Caryocaraceae y Sabiaceae están ausentes. De los géneros registrados, *Senna* (Caesalpinaceae), *Vismia* (Clusiaceae), *Mabea* (Euphorbiaceae), *Swartzia* (Fabaceae), *Miconia* (Melastomataceae) y *Neea* (Nyctaginaceae) están presentes tanto en árboles como en arbustos; *Chomelia* (Rubiaceae) está presente tanto en árboles como en lianas; y *Solanum* (Solanaceae) está presente tanto en árboles, en arbustos como en lianas. En lo referente a los géneros por familia, 56 % de las familias tienen un género y 11 % tienen dos y tres, respectivamente. Las familias con seis géneros o más son Arecaceae, Flacourtiaceae, Mimosaceae, Annonaceae, Apocynaceae, Rubiaceae, Moraceae, Fabaceae y Euphorbiaceae.

**Tabla 9.5.** Número de familias, géneros y especies en relación con las categorías diamétricas y a las formas de vida.

DESCRIPCIÓN	Categoría diamétrica			Forma de vida					Global
	00-10	11-30	31-60	Árboles	Arbustos	Palmeras	Lianas	Hierbas	
Familias	61	37	10	41	25	1	13	3	63
Géneros	157	79	10	106	40	6	19	3	165
Especies	275	115	11	182	73	8	22	3	288

En relación al número de especies por familia (Tabla 9.6), en forma global, el 44 % de las familias tienen una especie. Las familias con más de diez especies son Annonaceae, Burseraceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Melastomataceae, Moraceae y Rubiaceae. Además la familia Mimosaceae tiene hasta veintidós especies (Apéndice 9.1). En la forma de vida árboles, 32 % de las familias tienen una especie y 14 % tienen dos y tres respectivamente. En la forma de vida arbustos el 52 % de las familias tienen una especie y 20 % tienen cuatro, siendo las familias con más de seis especies Flacourtiaceae, Melastomataceae y Rubiaceae. En la forma de vida lianas, casi la mitad de las familias tienen una especie y la cuarta parte tienen dos, siendo Fabaceae la familia con siete especies.

Las 182 especies de árboles están agrupadas en 106 géneros de los cuales 65 % tienen una especie y 22 % tienen dos. En la forma de vida de arbustos, las 73 especies están agrupadas en 40 géneros, de los cuales 70 % de los géneros tienen una especie; siendo los géneros con cuatro o más especies *Casearia*, *Miconia*, *Vismia*, *Paliourea* y *Piper*. En la forma de vida de palmeras, las ocho especies están agrupadas en seis géneros, siendo los géneros con dos especies *Astrocaryum* y *Bactris*. Finalmente, las 22 especies de lianas están agrupadas en 19 géneros, siendo los géneros con dos especies *Solanum* y con tres *Dalbergia*.

La mitad de todas las 288 especies encontradas pertenecen a las familias Annonaceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Burseraceae, Lauraceae, Melastomataceae, Mimosaceae, Moraceae, Euphorbiaceae o Rubiaceae. Con referencia a las especies por género, 68 % sólo tienen una especie. Los géneros con seis especies son *Casearia*, *Ficus*, *Inga*, *Miconia* y *Protium*. Es oportuno indicar que la mayoría de las especies tienen presencia en una purma. Las especies presentes en más del 40 % de las purmas son: *Cecropia membranacea* (Cecropiaceae), *Helicostylis scabra* (Moraceae), *Hyeronima oblonga* (Euphorbiaceae), *Inga* sp. (Mimosaceae), *Jacaranda copaia* (Bignoniaceae), *Piper arboreum* (Piperaceae), *Siparuna guianensis* (Monimiaceae), *Vismia amazónica* (Clusiaceae) y *Vismia angusta*.

## DENSIDAD DE PURMAS

La densidad total por categorías diamétricas y por formas de vida de las purmas, se indican en las Tablas 9.7 y 9.8, respectivamente. La mayor densidad total las tienen las purmas de Nina Rumi 5, Magdalena 7 y San Gerardo 14; mientras que la menor densidad la tiene la purma Nauta 7. Por categorías diamétricas (Tabla 9.7), la ma-



por densidad se encuentra en la de 0-10 cm; mientras que por formas de vida (Tabla 9.8), la mayor densidad la tienen los árboles y los arbustos.

**Tabla 9.6.** Número de especies por familia en relación con las categorías diamétricas y con las formas de vida de las purmas de los alrededores de Iquitos.

FAMILIAS CON ESPECIES	Categoría diamétrica, cm			Forma de Vida					Global
	00-10	11-30	31-60	Arbol	Arbusto	Palmera	Liana	Hierba	
1 Especies	27	19	9	13	13	-	9	3	28
2 Especies	4	2	1	6	3	-	3	-	6
3 Especies	5	4	-	6	1	-	-	-	5
4 Especies	4	1	-	1	5	-	-	-	2
5 Especies	4	3	-	4	-	-	-	-	4
6 Especies	3	4	-	1	-	-	-	-	2
7 Especies	3	1	-	3	-	-	1	-	4
8 Especies	1	-	-	1	1	1	-	-	2
9 Especies	-	2	-	-	1	-	-	-	-
10 Especies	2	-	-	2	-	-	-	-	2
11 Especies	1	-	-	1	-	-	-	-	1
12 Especies	1	-	-	1	-	-	-	-	1
14 Especies	-	-	-	-	1	-	-	-	-
15 Especies	1	-	-	-	-	-	-	-	-
16 Especies	3	-	-	-	-	-	-	-	4
17 Especies	1	-	-	1	-	-	-	-	-
19 Especies	1	-	-	-	-	-	-	-	1
20 Especies	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21 Especies	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Total	61	37	10	41	25	1	13	3	63

## CLASIFICACIÓN DE LAS PURMAS

En la Tabla 9.9, se indica la similitud de los 91 pares de las catorce purmas de diferentes edades y sitios, ordenada en forma descendente. En la Figura 9.3, se muestra la representación de la semejanza de las purmas, como producto de la aplicación del método de ordenación. Así, el grupo uno formado por las purmas Nina Rumi 5, Nina Rumi 13, El Milagro 7 y el Milagro 13; el grupo 2 conformado por las purmas Tarapoto 5, Tarapoto 15, San Gerardo 7, San Gerardo 14, Nauta 7 y Nauta 15; el grupo 3 conformado por las purmas Nuevo Horizonte 7 y Nuevo Horizonte 13; y el grupo 4 conformado por las purmas Magdalena 7 y Magdalena 13.

**Tabla 9.7.** Densidad por categorías diamétricas de las purmas de diferentes sitios y edades.

SITIOS CON EDADES	0-10		11-30		31-60		Total	
	ind/ha	%	ind/ha	%	ind/ha	%	ind/ha	%
Magdalena 7	14 250	12,9	673	6,6	-	-	14 924	12,4
Magdalena 13	8 525	7,7	962	9,4	-	-	9 487	7,9
Tarapoto 5	8 087	7,3	475	4,7	-	-	8 562	7,1
Tarapoto 15	5 325	4,8	512	5,0	50	26,7	5 887	4,9
Nina Rumi 5	16 099	14,6	100	1,0	-	-	16 199	13,4
Nina Rumi 13	6 587	6,0	1 000	9,8	-	-	7 587	6,3
San Gerardo 7	6 625	6,0	1 025	10,0	-	-	7 650	6,3
San Gerardo 14	11 637	10,6	737	7,2	50	26,7	12 425	10,3
El Milagro 7	8 383	7,6	717	7,0	-	-	9 100	7,6
El Milagro 13	5 662	5,1	650	6,4	62	33,3	6 375	5,3
Nvo Horizonte 7	7 300	6,6	1 149	11,3	-	-	8 450	7,0
Nvo Horizonte 13	5 888	5,3	775	7,6	-	-	6 662	5,5
Nauta 7	1 662	1,5	650	6,4	-	-	2 312	1,9
Nauta 15	4 088	3,7	787	7,7	25	13,3	4 900	4,1
Promedio	ind/ha	7 866	730		13		8 609	
	%	91,4	8,5		0,2		100,0	

**Tabla 9.8.** Densidad por formas de vida de las purmas de diferentes sitios y edades.

SITIOS CON EDADES	Arboles		Arbustos		Palmeras		Lianas		Hierbas		Total	
	ind/ha	%	ind/ha	%	ind/ha	%	ind/ha	%	ind/ha	%	ind/ha	%
Magdalena 7	7 265	9,6	7 200	18,5	-	-	458	11,2	-	-	14 924	12,4
Magdalena 13	7 887	10,5	537	1,4	187	37,7	850	20,7	25	1,6	9 487	7,9
Tarapoto 5	6 312	8,4	1 775	4,6	62	12,6	412	10,1	-	-	8 562	7,1
Tarapoto 15	2 737	3,6	2 837	7,3	187	37,7	125	3,0	-	-	5 887	4,9
Nina Rumi 5	5 049	6,7	9 587	24,7	-	-	-	-	562	7,9	16 199	13,4
Nina Rumi 13	6 800	9,0	787	2,0	-	-	-	-	-	-	7 587	6,3
San Gerardo 7	3 387	4,5	4 262	11,0	-	-	-	-	-	-	7 650	6,3
San Gerardo 14	8 406	11,1	3 356	8,6	19	3,8	644	15,7	-	-	12 425	10,3
El Milagro 7	8 033	10,6	700	1,8	33	6,7	333	8,1	-	-	9 100	7,6
El Milagro 13	4 650	6,2	1 662	4,3	-	-	62	1,5	-	-	6 375	5,3
Nvo Horizonte 7	4 770	6,3	2 525	6,5	8	1,7	1 139	27,8	8	0,5	8 450	7,0
Nvo Horizonte 13	4 187	5,5	2 450	6,3	-	-	25	0,6	-	-	6 662	5,5
Nauta 7	1 799	2,4	512	1,3	-	-	-	-	-	-	2 312	1,9
Nauta 15	4 187	5,5	662	1,7	-	-	50	1,2	-	-	4 900	4,1
Promedio	ind/ha	5 391	2 775		36		292		114		8 609	
	%	62,6	32,2		0,4		3,4		1,3		100,0	

**Tabla 9.9.** Similitud entre pares de purmas de diferentes sitios y edades de los alrededores de Iquitos, ordenados en forma descendente. Códigos de las purmas estudiadas: 1=Magdalena 7; 2=Magdalena 15; 3=Tarapoto 5; 4=Tarapoto 15; 5=Nina Rumi 5; 6=Nina Rumi 13; 7=San Gerardo 7; 8=San Gerardo 14; 9=El Milagro 7; 10=El Milagro 13; 11=Nuevo Horizonte 7; 12=Nuevo Horizonte 13; 13=Nauta 7; 14=Nauta 15.

Pareja de purmas	Índice de Similitud	Pareja de purmas	Índice de similitud	Pareja de purmas	Índice de similitud
3-4	34,38	6-12	16,90	6-14	10,81
4-13	33,85	4-14	16,87	1-9	10,75
6-9	30,56	3-8	16,49	10-11	10,75
6-10	30,56	4-6	16,39	6-8	10,64
5-6	29,79	3-7	16,33	1-14	10,53
13-14	28,21	3-12	16,20	1-3	10,53
5-13	27,45	3-9	16,00	3-14	10,39
7-10	27,27	7-8	15,91	5-11	8,82
7-14	26,47	3-11	15,79	2-11	8,70
11-14	25,26	7-9	15,15	6-7	8,70
10-12	24,18	5-10	14,93	8-14	8,62
7-13	24,00	5-9	14,93	1-11	8,51
9-10	23,91	4-10	14,81	3-5	8,00
10-14	23,40	4-11	14,63	9-11	6,45
11-12	21,74	5-7	14,63	1-7	5,97
12-14	21,51	1-2	14,49	2-12	5,97
12-13	21,33	8-10	14,04	2-10	5,88
5-12	21,21	9-13	13,16	6-11	5,48
3-13	20,34	1-12	13,04	1-8	5,22
4-9	19,75	1-13	12,99	5-8	4,49
8-9	19,30	1-10	12,90	2-6	4,17
3-10	18,67	9-14	12,77	2-3	3,92
10-13	18,42	8-12	12,39	2-13	3,85
11-13	18,18	7-12	12,31	2-4	3,51
4-7	18,18	8-13	12,24	7-11	2,99
4-5	17,86	8-11	12,17	2-5	0,00
6-13	17,86	4-8	11,65	2-7	0,00
1-5	17,65	9-12	10,99	2-8	0,00
4-12	17,50	1-6	10,96	2-9	0,00
5-14	17,39	3-6	10,91	2-14	0,00
1-4	17,07				



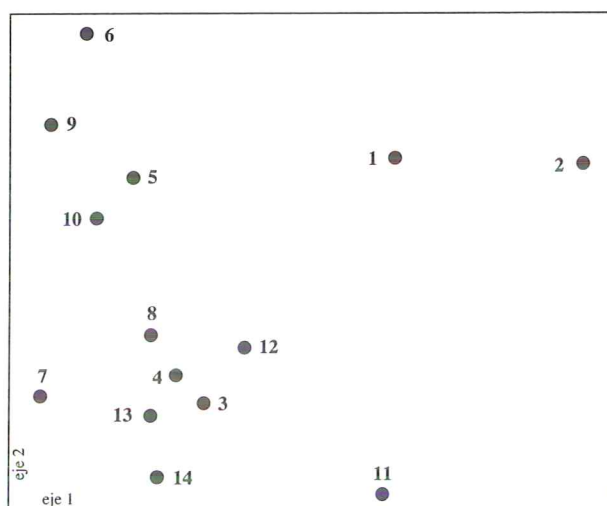


Figura 9.3. Representación de la semejanza de las purmas de los alrededores de Iquitos, Loreto, Perú. Números de purmas estudiadas, ver la Tabla 9.9.

## USOS DE LAS ESPECIES DE PURMAS

En el Apéndice 9.1, también se consigna los usos de las 288 especies encontradas, de las cuales 68 % tienen uso actual y el resto se consideraban de uso indeterminado, no definido o sin uso. De las 196 especies con uso actual, la mitad tienen uso maderero, la otra mitad tienen uso medicinal, y una cuarta parte tienen uso alimenticio. De las especies que tienen uso actual 64,8 % tienen un solo uso, 27,6 % tienen dos usos y 4,6 % tienen tres usos. De las 127 especies que tienen un solo uso la mitad tienen uso maderero, una tercera parte tienen uso medicinal, y el restante tienen uso artesanal, alimenticio, ornamental o industrial.

De las 54 especies que tienen dos usos, una tercera parte tienen uso maderero y medicinal y una cuarta parte tienen uso maderero y alimenticio. Nueve especies tienen tres usos, por ejemplo uso industrial, medicinal y alimenticio (*Hevea brasiliensis*, *Hevea guianensis*, *Bactris gasipaes* y *Theobroma speciosum*); uso maderero, medicinal y alimenticio (*Dialium guianensis*, *Chrysophyllum bombycinum*); uso maderero, alimenticio y ornamental (*Couepia* sp. y *Licania* sp.); uso industrial, artesanal y medicinal (*Uncaria guianensis*). De igual manera algunas especies tienen cuatro usos, por ejemplo *Caryocar glabrum* y *Caryocar* sp tienen uso maderero, industrial, medicinal y alimenticio; *Couepia glabra* y *Couepia paraensis* tienen uso maderero, medicinal, alimenticio y ornamental; y *Couma macrocarpa* tiene uso industrial, medicinal, alimenticio y ornamental. La especie *Euterpe precatoria* tiene cinco usos: maderero, industrial, artesanal, medicinal y alimenticio, e inclusive ornamental.

## VALOR REFERENCIAL DE LAS PURMAS

En la Tabla 9.10, se indica el volumen y el valor referencial de las purmas de diferentes sitios y edades de los alrededores de Iquitos, determinado en base a las especies de uso actual y sus precios en pie. Tanto el volumen como el valor, está desagregado por número de productos, metro cúbico y metro lineal. En términos promedios, el que tiene mayor importancia desde el punto de vista del valor económico es el número de productos con el 48 %, seguido del volumen en metros cúbicos con 43 % y finalmente el volumen en metros lineales con 10 %.

El valor actual mayor es de USD 6 611,4 por hectárea y corresponde a la purma Nuevo Horizonte 7; mientras que el menor valor de USD 1 418 por hectárea corresponde a la purma Nauta 7. La contribución al valor económico de las purmas de las diferentes formas de vida es como sigue: los árboles aportan con el 77 %, los arbustos con 7 %, las palmeras con 5 %, las lianas con 10 %, y finalmente las hierbas con menos del 1 %. Las purmas con mayor valor económico por formas de vida son en árboles: San Gerardo 14 con USD 4 360; en arbustos Nina Rumi 5 con USD 944; y en palmeras Magdalena 13 con USD 960.

Cabe mencionar que estos valores son únicamente ilustrativos de la variación del potencial económico de las diferentes purmas en estudio, no constituyen valores reales comparativos con otros estudios especializados de valoración económica.

**Tabla 9.10.** Volumen y valor referencial de las purmas de los alrededores de Iquitos (USD = S/. 2,50 en la fecha de estudio).

PURMAS	Volumen en número de productos		Volumen en metros cúbicos		Volumen en metros lineales		Valor total	
	#/ha	USD/ha	vol./ha	USD/ha	m	USD/ha	USD/ha	%
Magdalena 7	13 808	1 556	130,7	194	999,5	110	1 859	4,3
Magdalena 13	7 775	2 697	163,3	1 357	9 340,6	1 225	5 279	12,1
Tarapoto 5	7 725	1 197	46,6	498	1 797,5	359	2 055	4,7
Tarapoto 15	5 313	1 397	194,3	1 862	800,0	20	3 280	7,5
Nina Rumi 5	16 100	2 136	8,6	91	-	-	2 227	5,1
Nina Rumi 13	6 588	1 750	114,6	1 205	-	-	2 955	6,8
San Gerardo 7	6 625	1 342	100,7	1 057	-	-	2 400	5,5
San Gerardo 14	11 008	2 585	206,7	1 865	643,8	1	4 451	10,2
El Milagro 7	8 075	2 278	97,3	691	4 137,3	13	2 982	6,8
El Milagro 13	5 600	582	173,3	1 624	512,5	117	2 324	5,3
Nvo Horizonte 7	6 170	1 175	290,8	3 033	6 959,6	2 403	6 611	15,2
Nvo Horizonte 13	5 863	951	215,	2 238	237,5	19	3 208	7,4
Nauta 7	1 675	334	106,7	1 085	-	-	1 418	3,3
Nauta 15	4 038	759	204,9	1 740	175,0	35	2 534	5,8
Promedio	/ ha	7 597	1 481	1 324	1 828,8	307	3 113	100,0
	%		47,6	42,5		9,9		100,0

## DISCUSIÓN

### COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

En total fueron evaluadas 14 purmas, con edades tipificadas de cinco y de quince años. Los rangos de edades de las purmas, correspondieron al estadio o fase de sucesión bosque secundario temprano (Budowski 1963, 1964 y 1965) y bosque secundario joven (Dancé & Kometter 1984). En cuanto a las familias existentes en las catorce purmas evaluadas, se ha determinado mayor número de familias en las purmas de cinco años respecto a las de quince años, excepto en Nuevo Horizonte, donde la purma de cinco contiene menor número de familias que en la de quince años. Tentativamente se puede afirmar que en las purmas de cinco años existen más familias que en las de quince años.

Respecto a géneros en los siete sitios, el comportamiento es variado. Las purmas de cinco años de Magdalena, El Milagro y Nuevo Horizonte, tienen mayor número de géneros que las de quince años; y en las purmas de cinco años de Tarapoto, Nina Rumi, San Gerardo y Nauta, el número de géneros en las purmas de cinco años es menor que en las de quince años. En relación con las especies, las purmas de cinco años de Magdalena y Nuevo Horizonte tienen mayor número de especies que las de 15 años, mientras en las demás lugares el número de especies es menor en las purmas de cinco años que en las de quince años. En la zona de Puerto Almendra, una purma estudiada de 35 años tiene casi el doble de especies que en las de tres y cinco años (Padilla & Maury 1992).

La cantidad total registrada de 288 especies, agrupadas en 165 géneros y 63 familias, es muy superior a lo reportado por Reynel citado por Dourojeanni (1987, 1990), quien hizo una revisión sobre las especies de purmas incluyendo sólo especies de las formas de vida de árboles y arbustos. Estos resultados corroboran sobre la complejidad del bosque secundario, a pesar de su menor diversidad respecto al bosque clímax. Sin embargo no todas las especies son típicas de purmas, pues muchas de ellas son plantas que han crecido de semillas dispersadas de los árboles colindantes, de los tocones producto de la tala del bosque a través de la regeneración vegetativa o por rebrote, y por la siembra de cultivos agrícolas como son los casos de las especies *Inga edulis* (guaba) y *Poraqueiba sericea* (umarí). Aún cuando no se hizo la diferenciación entre las especies típicas de purmas, fundamentados en la información proporcionada por Dourojeanni (1987, 1990), es posible indicar algunas de ellas: *Himatanthus sucuuba*, *Jacaranda copaia*, *Schizolobium amazonicum*, *Jacarantia digitata*, *Vernonia patens*, *Alchornia triplinervia*, *Croton palanostigma*, *Sapium marmierii*, *Inga marginata*, *Cecropia sciadophylla*, *Pourouma cecropiaefolia*, *Apeiba membranacea*, *Leonia glycocarpa* y *Leonia lindeniana*.

Es también evidente la existencia de una gran variación entre las catorce purmas evaluadas. En general, las purmas de cinco años tienen mayor densidad que las purmas de quince años. En el caso de San Gerardo, la historia de la purma de catorce años difiere completamente tanto de la purma de siete años del mismo sitio como de los sitios restantes, por cuanto en su oportunidad se hizo la apertura del



bosque con quema para pastos, pero al final ocurrió la regeneración natural sin ningún tipo de labor cultural posterior. En consecuencia, esta purma podría ser considerada como "testigo" tanto en el proceso de sucesión secundaria, como para áreas afines. Respecto a Nauta, es posible la influencia de su cercanía a la ciudad de Nauta. Tentativamente se concluye, que la densidad o el número de plantas por hectárea disminuye al aumentar la edad de la purma, lo que está corroborado por los estudios de Padilla & Maury (1992) de la zona de Puerto Almendra. La variación entre las purmas de una misma edad también es grande. Se ha registrado en el estudio una diferencia de 13 888 individuos por hectárea entre las purmas de cinco años de mayor y de menor densidad. Ésta situación, también podría atribuirse a la variación de suelos dentro de la zona de estudio, así como probablemente a factores atípicos como por ejemplo el diferencial de edad dentro del rango considerado de cinco años, la intensidad y el historial de algunas parcelas respecto al número de veces que se cultivó chacra en el mismo terreno.

Finalmente, se ha determinado que entre las purmas existe una similitud muy baja, es decir menor de 35 % o disimilitud muy alta. Una posible explicación, es el número de veces que se hizo tala de la vegetación para cultivos agrícolas. De las 14 purmas analizadas, cuatro ha sido taladas por primera vez, 7 por segunda vez y 3 por tercera vez (ver la Tabla 9.2). Sin embargo, a pesar de esta situación, de acuerdo a la Figura 9.3, se puede afirmar que hay más relación entre las purmas de un mismo sitio, lo cual es entendible pues la similitud en función a las especies, en muchos casos, es más disímil entre las purmas de distintos sitios que en purmas de un mismo sitio aunque de diferente edad. Todo lo expuesto permite concluir, que no es posible hacer una clasificación o tipificación adecuada de las purmas estudiadas, con la información disponible.

## USO DE LAS PURMAS

En relación con los usos, nuestros valores son indicativos de la alta proporción de especies con uso actual de las purmas, que confirman las referencias anteriores. Dourojeanni (1987, 1990), respecto a las formas de uso industrial y tradicional, diferencia los usos industrial forestal; construcción rural, artesanía y combustible; medicinas y plantas ornamentales; y alimento humano y animal. Barbagelata (1992, 1995) precisa que las poblaciones rurales extraen de las purmas alimento, leña, material para construcción de casas, medicinas y proteínas. También es similar a la categorización tanto de Brack (1993) como de Brack (1994), quienes indican que las plantas útiles de la Amazonía peruana tienen usos alimenticios, medicinales, abono, aceites y grasas, agroforestería, antídoto, aromas/perfumes, condimentos, madera y construcción, cosmetología, curtiembres, estimulantes/narcóticos/ alucinógenos, etnoveterinaria, fibras, forraje, magia/chamanismo, ornamentales, sexo/reproducción humana, tintes/colorantes, y tóxicos.

El volumen desagregado de las purmas, en número de productos, metros cúbicos y metros lineales así como en cada uno de ellos, es muy variado. El valor referencial promedio por hectárea por formas de vida, es de USD 3 113; los árboles aportan con 77 %, las lianas con 10 %, los arbustos con 7 %, las palmeras con 5 %, y las hierbas con 1 %. Estos datos evidencian que los árboles son de gran importancia

desde una perspectiva económica, seguidos por las lianas aunque en menor proporción. La variación del valor referencial económico entre las purmas de los diferentes sitios es significativo, así el sitio con mayor valor es Nuevo Horizonte con USD 4909 por hectárea y el de menor valor es Nauta con USD 1976 por hectárea. De lo indicado se deduce, que los sitios cercanos a las ciudades son los que tienen menor valor actual. Es también evidente la variación del valor entre las purmas de las dos edades, las de cinco años tienen menor valor que las de quince años. Por último, la variación del valor económico referencial entre las purmas de una misma edad es también grande, sin embargo el valor económico de las purmas de quince años es menos variable que el valor económico de las purmas de cinco años con relación a los diferentes sitios.

Es también importante revelar, que a pesar de utilizar los precios más bajos en la valoración de los productos, los valores referenciales encontrados son relativamente altos. Estos resultados ilustran el potencial de utilización adecuada de las purmas, que podrían reportar al agricultor un ingreso constante superior a la tala con fines netamente agrícolas. La viabilidad de éste potencial será imposible de implementar, mientras no se imparta al agricultor los conocimientos y la capacidad de gestión para hacer productiva a una purma sin talarla. Otra importante restricción será la comercialización, que actualmente constituye el principal cuello de botella en la Amazonía peruana, que afecta tanto a la producción netamente agrícola como a la producción forestal, aunque con mayor intensidad a los recursos forestales y en particular a los productos provenientes de las purmas.

## CONCLUSIONES

En las catorce purmas evaluadas de los alrededores de Iquitos, se han registrado 288 especies, cantidad superior a lo reportado en otros estudios de bosques secundarios. Estas especies se agrupaban en 165 géneros y 63 familias. Las familias con más géneros son Rubiaceae (9), Moraceae (10), Fabaceae (11), y Euphorbiaceae (12). Las familias con más especies son Burseraceae y Lauraceae (10), Flacourtiaceae (11), Annonaceae (12), Euphorbiaceae, Fabaceae, Melastomataceae y Rubiaceae (16), Moraceae (19), y Mimosaceae (21). Los géneros con más especies son *Miconia* (13) e *Inga* (14).

Tentativamente se concluye, que la densidad o el número de plantas por hectárea, disminuye al aumentar la edad de la purma. En las purmas de cinco años también la diversidad botánica es mayor que en las de quince años. Es también evidente la existencia de una gran variación entre los sitios de las purmas evaluadas, aunque nuestro muestreo de las purmas no alcanzó para demostrar patrones en relación con, por ejemplo, tipos diferentes de tierra. Sin embargo los resultados corroboran la complejidad del bosque secundario, a pesar de su menor diversidad respecto al bosque clímax.

También el valor comercial referencial de las purmas es muy variado. Los árboles aportan la mayor parte del valor referencial, seguido por las lianas y los arbustos. Los sitios cercanos a las ciudades parecen tener menor valor actual, posiblemente por el intenso uso favorecido por el acceso fácil, o tal vez, por la falta de

fuentes de semilla provenientes del bosque maduro, que cada vez se alejan más por deforestación en las inmediaciones de las ciudades.

Estos resultados ilustran, el potencial de utilización adecuada de las purmas, que podrían reportar al agricultor un ingreso constante superior a la tala con fines netamente agrícolas. La viabilidad de éste potencial será imposible de implementar, mientras no se imparta al agricultor, los conocimientos y la capacidad de gestión para hacer productiva una purma sin talarla. Quedan por investigar las posibilidades de aumentar la potencialidad económica que presentan las purmas mediante la aplicación de métodos de manejo forestal.



## APÉNDICE 9.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LAS PURMAS ESTUDIADAS

La presente lista también contiene información del uso actual de las especies, que ha sido utilizada en los cálculos de valor económico de las purmas estudiadas. Los códigos de presencia son: 1=Magdalena 7; 2=Magdalena 13; 3=Tarapoto 5; 4=Tarapoto 15; 5=Nina Rumi 5; 6=Nina Rumi 13; 7=San Gerardo 7; 8=San Gerardo 14; 9=El Milagro 7; 10=El Milagro 13; 11=Nuevo Horizonte 7; 12=Nuevo Horizonte 13; 13=Nauta 7; 14=Nauta 15. Los códigos para usos son: 1=maderero, 2=industrial, 3=artesanal, 4=medicinal, 5=alimenticio, 6=ornamental, 7=indeterminado.

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA			
Familia / nombre científico	Nombre vernacular	Presencia	Usos
<b>ARBOLES:</b>			
<b>ANACARDIACEAE</b>			
<i>Tapirira guianensis</i>	Sacha Ubos 1	5, 8, 12	1
<i>Tapirira retusa</i>	Sacha Ubos 2	1, 4, 5, 6, 9	1
<b>ANNONACEAE</b>			
<i>Anaxagorea brachycarpa</i>	Anonilla	8	4
<i>Duguetia spixiana</i>	Tortuga Caspi	14	1
<i>Guatteria citriodora</i>	Carahuasca 1	8	1, 4
<i>Guatteria elata</i>	Carahuasca 2	4, 6, 7, 10, 12	1, 4
<i>Guatteria megalophylla</i>	Carahuasca 3	14	4
<i>Guatteria tomentosa</i>	Espintana 1	9, 10	1
<i>Guatteria</i> sp	Espintana 2	2	1
<i>Oxandra euneura</i>	Espintana 3	1, 2	1, 4
<i>Oxandra xylopioides</i>	Espintana 4	11, 14	1, 4
<i>Trigynaea duckei</i>	Carahuasca 4	12	1
<i>Xylopia benthamii</i>	Espintana 5	8	1, 4
<b>APOCYNACEAE</b>			
<i>Aspidosperma schultesii</i>	Remo Caspi	9	1, 4
<i>Couma macrocarpa</i>	Leche Caspi	10	2, 4, 5, 6
<i>Himatanthus sucuba</i>	Bellaco Caspi	11	4
<i>Lacmellea peruviana</i>	Chicle Huayo	7, 8, 14	4
<i>Malouetia tamaquarina</i>	Cuchara Caspi	8	4
<i>Mucoa duckei</i>	Yahuar Huayo	13	4, 5
<b>BIGNONIACEAE</b>			
<i>Jacaranda copaia</i>	Huamansamana	1, 4, 5, 7, 10, 12, 13, 14	1, 4
<i>Jacaranda macrocarpa</i>	Huamansamana de Varillal	7, 8, 10	1
<i>Tabebuia chrysantha</i>	Tahuari	3	1, 4
<b>BOMBACACEAE</b>			
<i>Quararibea guianensis</i>	Machín Sapote 1	9	5
<i>Quararibea wittii</i>	Machín Spote 2	8, 12	5
<i>Pachira insignis</i>	Huimba Negra	12	7
<b>BURSERACEAE</b>			
<i>Crepidospermum prancei</i>	Lacre	5	3
<i>Protium altsonii</i>	Copalillo	8	2, 4
<i>Protium divaricatum</i>	Copal 1	8	2, 4
<i>Protium ferrugineum</i>	Copal 2	10	2, 4
<i>Protium gallosum</i>	Copal 3	6, 10	2, 4
<i>Protium nodulosum</i>	Copal Blanco	1, 4, 12, 14	2, 4
<i>Protium unifoliatum</i>	Copal 4	9	2, 4

Apéndice 9.1 continuación

<i>Tetragastris panamensis</i>	Sacha Copal	8	7
<i>Trattinnickia aspera</i>	Gallinazo Copal 1	9	4
<i>Trattinnickia peruviana</i>	Gallinazo Copal 2	10, 12	4
CAESALPINACEAE			
<i>Brownea macrophylla</i>	Palo Cruz	4, 11	7
<i>Macrobium gracile</i>	Pashaquilla 2	9	1
<i>Schizolobium amazonicum</i>	Pashaco 2	3, 13, 14	1, 6
<i>Senna multijuga</i>	Pashaco Blanco	3	4, 6
<i>Tachigalia formicarum</i>	Tangarana de Altura	3, 4, 6, 8, 9	1
CARICACEAE			
<i>Jacaratia digitata</i>	Shamburo	11	7
CARYOCARIACEAE			
<i>Caryocar glabrum</i>	Almendo	9	1, 2, 4, 5
<i>Caryocar</i> sp.	Almendo Colorado	6	1, 2, 4, 5
CECROPIACEAE			
<i>Cecropia membranacea</i>	Cetico Blanco	3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13	4
<i>Cecropia sciadophylla</i>	Cetico Colorado	5, 13, 14	1, 4
<i>Cecropia</i> sp.	Cetico	1, 2	7
<i>Pourouma bicolor</i>	Sacha Uvilla 1	9	7
<i>Pourouma cecropiaefolia</i>	Sacha Uvilla 2	11, 12	4, 5
<i>Pourouma myrmecophylla</i>	Sacha Uvilla 3	7	7
<i>Pourouma ovata</i>	Sacha Uvilla 4	8, 10	7
CELASTRACEAE			
<i>Goupia glabra</i>	Sacha Bolaina	3, 4, 14	1
CHRYSOBALANACEAE			
<i>Couepia glabra</i>	Parinari 1	1	1, 4, 5, 6
<i>Couepia paraensis</i>	Parinari 2	1	1, 4, 5, 6
<i>Couepia</i> sp.	Parinari 3	9	1, 5, 6
<i>Licania</i> sp.	Parinari 4	3, 4, 9	1, 5, 6
CLUSIACEAE			
<i>Chrysoclamis ulei</i>	Chullachaqui Caspi 1	1	4
<i>Tovomita</i> sp.	Chullachaqui Caspi 2	9	4
<i>Vismia angusta</i>	Pichirina Amarilla	4, 5, 11, 12, 13, 14	4
COCHLOSPERMACEAE			
<i>Cochlospermum orinocensis</i>	Llausiquiro	8	6
ELAEODENDRACEAE			
<i>Sloanea grandiflora</i>	Cepanchina 1	6, 8, 9	1
<i>Sloanea guianensis</i>	Cepanchina 2	8	1
<i>Sloanea multiflora</i>	Cepanchina 3	8	1
EUPHORBIACEAE			
<i>Alchorneopsis floribunda</i>	Zancudo Caspi Blanco	13	1, 4
<i>Alchornia triplinervia</i>	Zancudo Caspi	5, 6, 8, 9, 14	1, 4
<i>Conceveiba martiana</i>	Sacha Sapote	3, 8, 9, 10	1
<i>Conceveiba rhytidocarpa</i>	Desconocido 8	8	7
<i>Croton cuneatus</i>	Yacuruna Caspi	8	4
<i>Croton palanostigma</i>	Shamboqui 2	3, 5, 7, 13	1
<i>Drypetes amazonica</i>	Yutubanco	8	1
<i>Hevea brasiliensis</i>	Shiringa 1	10	2, 4, 5
<i>Hevea guianensis</i>	Shiringa 2	8, 9, 13	2, 4, 5
<i>Hyeronima oblonga</i>	Acero Caspi	1, 3, 4, 8, 11, 12, 13	1
<i>Mabea nitida</i>	Shiringuilla	6, 10	1
<i>Sapium marmierii</i>	gutapercha	1	2

Apéndice 9.1 continuación

FABACEAE			
<i>Andira inermis</i>	Sacha Taperibá	8	1
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	Tornillo	7,8,9	1
<i>Crudia glaberrima</i>	Chontaquiro	8	7
<i>Dialium guianensis</i>	Azúcar Huaillo	7,8,10	1,4,5
<i>Hymenolobium pulcherrimu</i>	Mari Mari	8,10,12	1
<i>Swartzia arborecens</i>	Remocaspillo	2,12	7
<i>Swartzia obscura</i>	Añuje Remo Caspi	3,11,12	3
FLACOURTIACEAE			
<i>Lacistema aggregatum</i>	Desconocido 10	9	1
<i>Lindackeria paludosa</i>	Huacapusillo 5	2,12	1
<i>Tetrathylacium macrophyllum</i>	Sacha Moena	1,3,4,11,14	7
HUMIRIACEAE			
<i>Humirastrum colombianum</i>	Yerno Prueba	12	7
ICACINACEAE			
<i>Poraqueiba sericea</i>	Umari	14	5
LAURACEAE			
<i>Anaueria brasiliensis</i>	Añuje Moena	11	1,5
<i>Aniba</i> sp.	Moena 1	9,11	1
<i>Nectandra menbranacea</i>	Moena 2	6	1
<i>Nectandra purverulenta</i>	Moena 3	8	1
<i>Nectandra viburnoides</i>	Moena 4	3,4	1
<i>Nectanda</i> sp.	Moena 5	2	1
<i>Ocotea aciphylla</i>	Moena 6	9	1
<i>Ocotea cernua</i>	Shicschi Moena	6,7,9,10,14	1
<i>Ocotea dielsiana</i>	Moena 7	1	1
<i>Ocotea</i> sp.	Moena 8	8,10,11,14	1
LEEYTHIDACEAE			
<i>Cariniana decandra</i>	Cinta Caspi	7	1,4
<i>Gustavia augusta</i>	Chopé 1	8	4,5
<i>Gustavia longifolia</i>	Chopé 2	3,7,12	4,5
<i>Eschweilera albiflora</i>	Machimango 1	9,10,12	1
<i>Eschweilera bracteosa</i>	Machimango 2	6	1
<i>Eschweilera coriacea</i>	Machimango 3	14	1
<i>Eschweilera grandiflora</i>	Machimango Negro	6	1
<i>Eschweilera turbinata</i>	Machimango 4	8	1
LINACEAE			
<i>Roucheria punctata</i>	Puma Sacha	6	1
MALPIGHACEAE			
<i>Byrsonima poeppigiana</i>	Indano	5,11,12,14	7
MELASTOMACEAE			
<i>Miconia poeppigiana</i>	Rifarillo 6	5,14	7
<i>Miconia poeppigii</i>	Rifari 2	2,13	1
MELIACEAE			
<i>Carapa guianensis</i>	Andiroba	8	1
<i>Guarea mazanensis</i>	Requia 1	8	1
<i>Trichilia mazanensis</i>	Requia 2	10	1
<i>Trichilia rubra</i>	Sacha Requia 2	8	7
<i>Trichilia</i> sp.	Requia Blanca	4	1
MIMOSACEAE			
<i>Acasia</i> sp.	Pashaquilla 1	2	1
<i>Enterolobium barnebianum</i>	Pashaco Oreja de negro	4	1
<i>Inga capitata</i>	Shimbillo 1	5	1,5
<i>Inga dumosa</i>	Shimbillo 2	1	1,5



Apéndice 9.1 continuación

<i>Inga edulis</i>	Guaba	11,13	5
<i>Inga ingoides</i>	Guabilla	3	5
<i>Inga leptopus</i>	Shimbillo 3	11	1,5
<i>Inga lopadadenia</i>	Shimbillo 4	11	1,5
<i>Inga marginata</i>	Shimbillo 5	8	1,5
<i>Inga myriantha</i>	Shimbillo 6	11	1,5
<i>Inga pavoniana</i>	Shimbillo 7	11	1,5
<i>Inga peltadenia</i>	Rufintis Shimbillo	12	1,5
<i>Inga punctata</i>	Shimbillo 8	1	1,5
<i>Inga thibaudiana</i>	Shimbillo 9	7,13,14	1,5
<i>Inga vera</i>	Shimbillo 10	11	1,5
<i>Inga sp.</i>	Shimbillo 11	1,4,5,6,9,10,12,13	7
<i>Parkia igneiflora</i>	Goma Pashaco	6,8,9	1,2
<i>Parkia nitida</i>	Pashaco 1	8	1,2
<i>Pithecellobium basijugum</i>	Bushilla	1,7,8,9	4,6
<i>Pithecellobium unifoliatum</i>	Trueno Shimbillo	1	1
<i>Stryphnodendron polystachyum</i>	Desconocido 13	9	1
MORACEAE			
<i>Botocarpus amazonica</i>	Chimicua 1	14	7
<i>Brosimum sp.</i>	Chimicua 2	11	7
<i>Ficus americana</i>	Renaco 1	5,6,10	4
<i>Ficus gommeleiria</i>	Renaco 2	14	4
<i>Ficus insipida</i>	Ojé	1	4
<i>Ficus krukovi</i>	Renaquillo 1	8	4
<i>Ficus mathewsii</i>	Renaquillo2	1	4
<i>Ficus maxima</i>	Ojé Hoja Menuda	3,4	4
<i>Ficus nymphaeifolia</i>	Renaco 3	14	4
<i>Helicostylis tomentosa</i>	Misho Chaqui 2	1	4,5
<i>Helicostylis scabra</i>	Misho Chaqui 1	6,9,10,12,13,14	4,5
<i>Maclura tinctoria</i>	Incira	2,3	4
<i>Naucleopsis glabra</i>	Chimicua Amarilla	14	4
<i>Perebea angustifolia</i>	Chimicua 3	3,10	7
<i>Perebea guianensis</i>	Chimicua 4	1,8,12	7
<i>Pseudolmedia laevigata</i>	Machinga	12	4
MYRISTICACEAE			
<i>Iryanthera juruensis</i>	Cumala Colorada 1	11	1
<i>Iryanthera tessmannii</i>	Cumala Colorada 2	12	1
<i>Otova glydicarpa</i>	Cumalilla 1	11	1
<i>Otova parviflora</i>	Cumalilla 2	2,11	1
<i>Otova parvifolia</i>	Cumalilla 3	4,8	1
<i>Virola elongata</i>	Cumala Blanca	7,9,10,14	1
<i>Virola pavonis</i>	Caupuri	4	1
MYRTACEAE			
<i>Myrcia sp.</i>	Guayabilla2	12	7
NYCTAGINACEAE			
<i>Neea parviflora</i>	Palometa Huayo 2	6,11	7
OLACACEA			
<i>Minquartia guianensis</i>	Huacapú	11	1,4
RUBIACEAE			
<i>Insertia hypoleuca</i>	Purma Caspi	11,12,14	1,4
<i>Landenbergia magnifolia</i>	Palo de Fundo	1,5,6,9	1
<i>Pentagonia gigantifolia</i>	Sacha Huito 3	12,13,14	7
<i>Pentagonia macrophylla</i>	Sacha Huito 4	1	7
<i>Pentagonia parvifolia</i>	Sacha Huito 5	3,10	7

Apéndice 9.1 continuación

RUTACEAE			
<i>Zanthoxylum</i> sp.	Hualaja	2,11	1,4
SAPOTACEAE			
<i>Chrysophyllum bombycinum</i>	Masato Caspi	8	1,4,5
<i>Eclinusa lanceolata</i>	Quinilla 1	11	1
<i>Eclinusa longifolia</i>	Quinilla 2	6	1
<i>Pouteria caimito</i>	Caimitillo 1	2,6,10	1,5
<i>Pouteria wurdackii</i>	Caimitillo2	8	1,5
SIMARONBACEAE			
<i>Simaba orinocensis</i>	Marupa Negra	8,10	1
<i>Simarouba amara</i>	Marupa	7,14	1,4
SOLANACEAE			
<i>Solanum grandiflorum</i>	Ciuca Huito 1	11	4
<i>Solanum kionotrichum</i>	Ciuca Huito 2	5,6,9,12	4
STERCULIACEAE			
<i>Sterculia corrugata</i>	Huarmi Caspi	8	1
<i>Theobroma obovatum</i>	Sacha Cacao	10	2,5
<i>Theobroma speciosum</i>	Cacahuillo	1,2	2,4,5
TILIACEAE			
<i>Apeiba membranacea</i>	Peine de Mono	11,12,14	1,4
ULMACEAE			
<i>Trema micrantha</i>	Atadijo	1,3	1,4
VERBEMACEAE			
<i>Vitex orinocensis</i>	Sacha Requiza 3	14	7
<i>Vitex triflora</i>	Aceituna Caspi 2	8	6
<u>ARBUSTOS:</u>			
APOCYNACEAE			
<i>Tabernomontana undulata</i>	Sanango	9	4
ARALIACEAE			
<i>Schefflera megacarpa</i>	Sacha Cetico	14	7
ASTERACEAE			
<i>Vernonia patens</i>	Ocuera Blanca	1,5,13	4
BORAGINACEAE			
<i>Cordia bicolor</i>	Añallu Caspi	10,11,14	7
CAESALPINACEAE			
<i>Senna latifolia</i>	Mataro	10	4
CLUSIACEAE			
<i>Vismia amazonica</i>	Pichirina Hoja Menuda 1	1,3,5,6,10,12	4
<i>Vismia macrophylla</i>	Pichirina 1	9,11,14	4
<i>Vismia minutiflora</i>	Pichirina 2	7,13	4
<i>Vismia tomentosa</i>	Pichirina Hoja Menuda 2	4,9,13	4
ERYTHROXYLACEAE			
<i>Erythroxylum macrophyllum</i>	Sacha Coca	8	7
EUPHORBIACEAE			
<i>Acalypha scandens</i>	Ardilla Chupa	1	6
<i>Aparisthium cordatum</i>	Shamboqui 1	8	7
<i>Mabea occidentalis</i>	Pólvora Caspi	9	7
<i>Pausandra trianae</i>	Desconocido 11	12	7
FABACEAE			
<i>Swartzia racemosa</i>	Sacha Remo Caspi	1	7
<i>Swartzia simplex</i>	Sacha Poroto	14	7

Apéndice 9.1 continuación

FLACOURTIACEAE			
<i>Banara guianensis</i>	Desconocido 3	11	7
<i>Casearia arborea</i>	Huacapusillo 1	2	7
<i>Casearia decandra</i>	Desconocido 7	12	7
<i>Casearia javitensis</i>	Huacapusillo 2	3,8,11,12,13	7
<i>Casearia pitumba</i>	Tubinachi	1,9,10,14	7
<i>Casearia prunifolia</i>	Huacapusillo 3	4	7
<i>Casearia uleana</i>	Huacapusillo 4	4,13,14	7
<i>Mayna grandifolia</i>	Casha huayo	8,9	4
GENTIANACEAE			
<i>Tachia occidentalis</i>	Campanilla	8	7
ICACINACEAE			
<i>Discophora guianensis</i>	Sacha Umari	8	7
MELASTOMATACEAE			
<i>Bellucia axinantha</i>	Nispero	1,11,12,14	5
<i>Leandra longicoma</i>	Rifarillo 1	6,13,14	7
<i>Loreya spruceana</i>	Rifarillo 2	1	7
<i>Miconia amazonica</i>	Rifarillo 3	8,11,13,14	7
<i>Miconia decurrens</i>	Rifarillo 4	4	7
<i>Miconia dispar</i>	Rifari Colorado 1	3,4,7,8,9	7
<i>Miconia lamprophylla</i>	Rifarillo 5	9	7
<i>Miconia pilgeriana</i>	Rifari 1	10,14	7
<i>Miconia punctata</i>	Rifari 3	1	7
<i>Miconia serrulata</i>	Rifarillo 7	13	7
<i>Miconia symplectocaulos</i>	Rifarillo 8	4,9	7
<i>Miconia tometosa</i>	Corcho Caspi	10	4
<i>Miconia traillii</i>	Rifari Colorado 2	8	7
<i>Miconia sp.</i>	Rifarillo 9	12	7
MONIMIACEAE			
<i>Siparuna gesnerioides</i>	Isula Huayo 1	11	7
<i>Siparuna guianensis</i>	Isula Huayo 2	3,4,7,8,10,13,14	4
MORACEAE			
<i>Sorocea chimicua</i>	Chimicua 5	1	7
<i>Sorocea hirtella</i>	Chimicua 6	7,14	7
<i>Trymatoccus amazonicus</i>	Chimicua 7	1,4,13	5
MYRTACEAE			
<i>Calyptanthus plicata</i>	Guayabilla 1	8	7
NYCTAGINACEAE			
<i>Neea macrophylla</i>	Palometa Huayo 1	12	7
<i>Neea spruceana</i>	Palometa Huayo 3	12	7
PIPERACEAE			
<i>Piper arboreum</i>	Cordoncillo 1	4,5,7,10,11,13	4
<i>Piper augustum</i>	Cordoncillo 2	1,12	4
<i>Piper hispidum</i>	Cordoncillo 3	1	4
<i>Piper obliquum</i>	Cordoncillo 4	1	4
QUIINACEAE			
<i>Quiina amazonica</i>	Sacha Quinilla	10	4
RUBIACEAE			
<i>Alibertia latifolia</i>	Capironilla	8	5
<i>Chomelia klugii</i>	Limoncillo	3,8,11	3
<i>Bathysa obovata</i>	Desconocido 5	1	7
<i>Palicourea condensata</i>	Sacha Huito 1	11	7
<i>Palicourea lasiantha</i>	Sacha Huito 2	6,10,13	7
<i>Palicourea nigricans</i>	Sacha Huitillo 1	9,10	7



Apéndice 9.1 continuación

<i>Palicourea obovata</i>	Flor Morada	1,2	7
<i>Palicourea paraensis</i>	Sacha Huitillo 2	14	7
<i>Psychotria remota</i>	Sacha Chacruna	4,13	7
SAPINDACEAE			
<i>Talisia megaphylla</i>	Sacha Requía 1	11,14	7
SIMARONBACEAE			
<i>Picramnia magnifolia</i>	Marupasillo	14	7
SOLANACEAE			
<i>Solanum umbellatum</i>	Sacha Coconilla	5	7
VERBENACEAE			
<i>Aegiphila chrysantha</i>	Tupamaqui	10,12	7
<i>Aegiphila filipes</i>	Desconocido 1	1	7
<i>Aegiphila integrifolia</i>	Desconocido 2	1	7
<i>Lantana camara</i>	Sacha Orégano	5	4
VIOLACEAE			
<i>Leonia glyxicarpa</i>	Tamara de Altura	8	7
<i>Leonia racemosa</i>	Aceituna Caspi 1	1,10	7
<i>Rinorea flavescens</i>	Trompetero Caspi 1	7,10,12,14	7
<i>Rinorea lindéniana</i>	Trompetero Caspi 2	8	7
<b>PALMERAS:</b>			
<i>Astrocaryum chambira</i>	Chambira	2	3
<i>Astrocaryum murumuru</i>	Huicungo	2,4	4
<i>Bactris gasipaes</i>	Pijuayo	3	2,4,5
<i>Bactris hirta</i>	Nejilla	2	5
<i>Euterpe precatoria</i>	Huasai	9	1,2,4,5,6
<i>Oenocarpus mapora</i>	Sinamillo	8	5,6
<i>Scheelea butyracea</i>	Shapaja	8,11	4
<i>Socratea exorrhiza</i>	Pona	4	3
<b>LIANAS:</b>			
ANNONACEAE			
<i>Annona hypoglauca</i>	Annonilla 2	14	3,4
BIGNONIACEAE			
<i>Callichlamys latifolia</i>	Desconocido 6	4	7
<i>Memora clodotricha</i>	Luciérnaga Caspi	10,14	3
CONNARACEAE			
<i>Rourea camptoneura</i>	Sacha Aji	1	7
DELLINEACEAE			
<i>Dolioscarpus dentatus</i>	Paujil Chaqui	3	3
FABACEAE			
<i>Bauhinia</i> sp.	Escalera de Mono	8	7
<i>Dalbergia ecastaphyllum</i>	Desconocido 9	11	3
<i>Dalbergia monetaria</i>	Centavo Huasca 1	3,9,10	3
<i>Dalbergia riparia</i>	Centavo Huasca 2	3	3
<i>Darbieria</i> sp.	Desconocido 4	4	7
<i>Machaerium isadelphum</i>	Uña de Gato 1	1	4
<i>Lonchocarpus densiflorus</i>	Sacha Barbasco	3,4	2,3
LOGANIACEAE			
<i>Strychnos mitcherlichii</i>	Una de Gato 2	8	3
RHAMNACEAE			
<i>Gouania lopuloides</i>	Varilla Negra	1	7

Apéndice 9.1 continuación

<b>RUBIACEAE</b>			
<i>Chomelia melaneoides</i>	Mashoshillo	10	7
<i>Uncaria guianensis</i>	Uña de Gato 3	1,2,10,11	2,3,4
<b>Solanaceae</b>			
<i>Solanum acuminatum</i>	Coconilla	12	5
<i>Solanum</i> sp.	Desconocido 12	9	7
<b>VITACEAE</b>			
<i>Cissus erosa</i>	Sapo Huasca	11	7
<b>OTRAS FAMILIAS</b>			
sp. 1	Charoñahui	2	7
sp. 2	Liana 1	9	7
sp. 3	Liana 2	12	7
<b><u>HIERBAS:</u></b>			
<b>ASPLENIACEAE</b>			
<i>Cyclodium meniscioides</i>	Helecho	2	7
<b>Cyathaceae</b>			
<i>Cyathea</i> sp	Helecho Arbsuto	11	7
<b>ZINGIBERACEAE</b>			
<i>Renalmia alpina</i>	Mishqui Panga	5	2,4

# CAPÍTULO 10

## AGROFORESTERÍA AMAZÓNICA: UNA ALTERNATIVA A LA AGRICULTURA MIGRATORIA

Salvador Flores Paitán

---

### RESUMEN

Las consecuencias de la deforestación en la región amazónica, se manifiestan en el deterioro de los recursos naturales con pérdida de la biodiversidad y de la capacidad productiva de los suelos y su consecuente abandono a la regeneración natural de la vegetación. Entre las opciones viables de solución a este problema la ciencia moderna propone la agroforestería como tecnología viable en la recuperación y buen uso de los recursos. En este capítulo se analiza brevemente la problemática en la Amazonía peruana y se describe la estrategia investigativa, en el desarrollo tecnológico agroforestal amazónico, en situación de ausencia informativa científica. Se refieren resultados exitosos de la agroforestería tradicional amazónica y avances de investigación en el nivel exploratorio de la tecnología agroforestal multiestrata generada en el Proyecto Agroforestal de la Universidad Nacional de la Amazonía peruana, como sustento de alternativa viable a la deforestación en la Selva peruana. Finalmente, se describe el proceso de validación tecnológica con monitoreo y en predio de agricultores, y se determina su potencial de adopción como tecnología sostenible por el poblador rural de economía marginal.

### INTRODUCCIÓN

Los sistemas de utilización de las tierras bajas de la Amazonía peruana, orientadas a la producción agropecuaria de subsistencia o comercial, inevitablemente derivan en una alteración del medio ambiente natural, con impactos de diversas intensidad, determinados por los niveles de racionalidad tecnológica aplicados, y la gradiente de soportabilidad de los ecosistemas afectados.

La agricultura de subsistencia tradicional, practicada por las culturas autóctonas amazónicas con tecnologías compatibles con la ecología y la naturaleza de los suelos, aprendidos por tradición milenaria, tiene los menores impactos en los ecosistemas. Siguen en importancia, los sistemas de cultivo practicados por los colonos

*En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114: 417-440.*



antiguos, quienes lograron adaptarse al medio natural y desarrollaron nuevas opciones tecnológicas, incorporando sus elementos culturales de origen y orientando la producción a la satisfacción de sus necesidades y los excedentes a las demandas de los mercados locales. Los impactos de estas tecnologías en el medio natural, son bastante moderadas (Casanova 1975, 1980a, Flores 1978, 1983, 1984a, 1984b, 1984c, Gasché 1980, Guyot 1977, Hiraoka 1986, 1989, Uhl *et al.* 1982, Razon 1978, Saldarriaga 1986).

En general quienes afectan con mayor intensidad los ecosistemas naturales, son los colonos recientes, poco familiarizados con el ambiente amazónico y que desarrollan sus actividades productivas en condiciones de insuficiente oferta tecnológica racionalizada. La mayoría de las instituciones públicas y privadas orientadas al desarrollo rural amazónico, aún continúan dependiendo de la tecnología disponible generada en ecosistemas y condiciones socioeconómicas diferentes al ambiente amazónico.

Los gobiernos, que aplicaron políticas desacertadas para la promoción de la ampliación de la frontera agrícola en la región amazónica, desconociendo su verdadero potencial productivo, construyendo carreteras de penetración a la Selva con ofertas de créditos de incentivos agrícolas y pecuarios y favoritismos en la cesión no controlada de la tierra para su ocupación. Fueron las que propiciaron las colonizaciones espontáneas o dirigidas por inmigrantes pobres de la región andina y beneficiaron a capitalistas de la costa y sierra e incluso transnacionales como Le Tournau, para la deforestación y práctica de monocultivos introducidos de valor comercial y ganadería extensiva, con funestos resultados que deterioraron el medio ecológico especialmente la ganadería (Bedoya 1991, Dourojeanni 1990).

La práctica de la agricultura migratoria tradicional y no tradicional, así como la agricultura comercial de monocultivos de ciclo corto y la ganadería extensiva, han resultado en la pérdida de la capacidad productiva de los suelos y han originado su abandono a la regeneración natural de la vegetación sucesional. Según la presión poblacional y la extensión de la ganadería extensiva, la re-utilización de esta vegetación ocurrirá entre 30 y 70 años en los sistemas indígenas, hasta dos años en los sistemas de colonos recientes y con escasa tierra, hasta mas de 200 años en ganadería extensiva de gran densidad poblacional ganadera, y siglos en ganadería intensiva (Casanova 1980b, Flores 1984b, 1984c, Hetch 1982, Saldarriaga 1986, Uhl 1982, Uhl *et al.* 1981, 1988, 1989, Uhl & Nepstad 1990).

En el Perú se ha estimado una deforestación de aproximadamente 6 948 237 ha (5,4 % del territorio nacional); a una tasa anual de deforestación de 261 158 ha por año (INRENA 1996b). En la Selva peruana, la deforestación mayor corresponde a cinco departamentos amazónicos: Amazonas, San Martín, Loreto, Ucayali y Madre de Dios (INRENA 1995, 1996b). Las purmas o bosques secundarios cubren en la Amazonía peruana una extensión aproximada del 80 % del área deforestada en estos departamentos amazónicos, correspondiendo el 37,4 % a los departamentos de la Selva Baja (Loreto, Ucayali y Madre de Dios). El manejo de la vegetación natural sucesional de la purma constituye la alternativa a la deforestación y al mal uso de la tierra (Dourojeanni 1987, Kanashiro & Parrota 1995, Hutchinson 1995, ECO 1997, Sips *et al.* 1997); o la agroforestería (Andriesse 1970, Abreu 1997, Dourojeanni 1990, FAO 1984, 1986, Kitamura 1982, Nair & Fernandes 1986, ODI 1997, Raintree &

Warner 1986, Sánchez & Houten 1994, Sánchez *et al.* 1995, Watters 1971, Warner 1994).

El objetivo del presente capítulo es presentar una revisión de la contribución actual y potencial, de la agroforestería, que es un sistema dinámico fundamentado en el manejo ecológico de los recursos naturales, que deliberadamente integra el árbol, en el tiempo y en el espacio, con cultivos y ganado. Tiene el atributo de conferir sostenibilidad productiva al uso de la tierra, con beneficios múltiples al medio ambiente y al pequeño productor. Se sugiere que la agroforestería presenta un potencial realista para facilitar el desarrollo sostenible en las selvas Amazónicas.

## AGROFORESTERÍA TRADICIONAL AMAZÓNICA

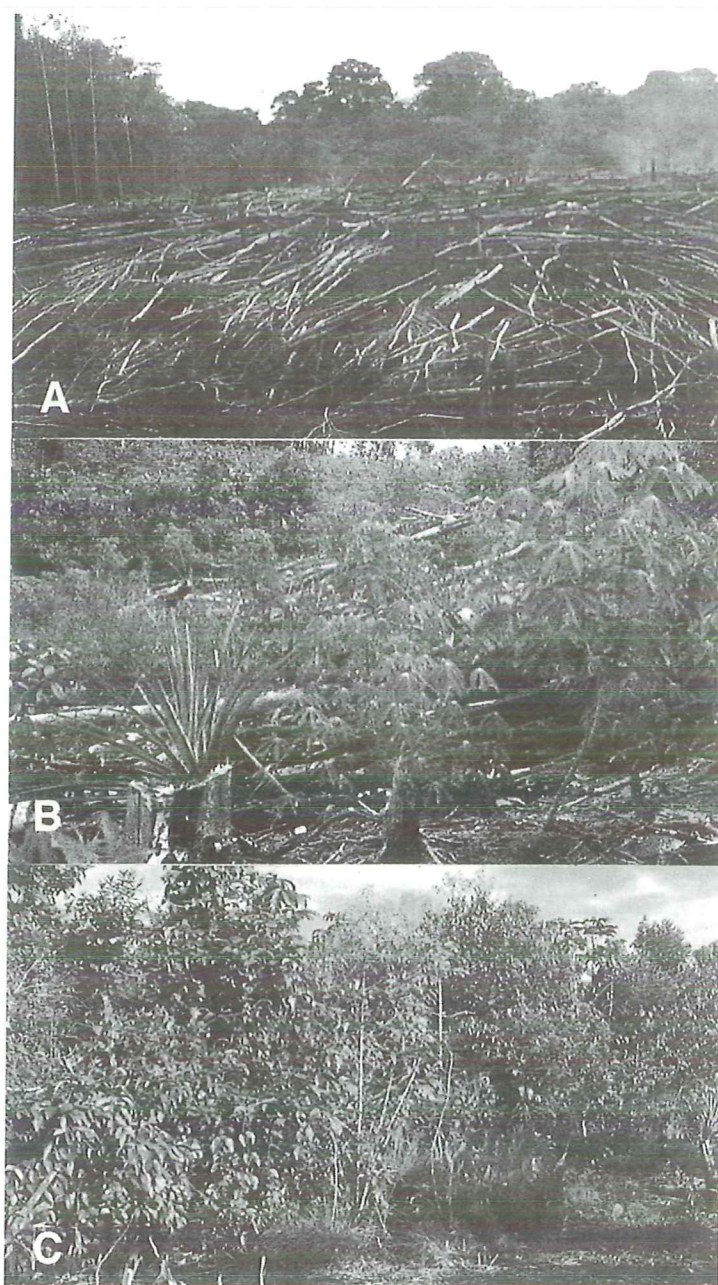
### GENERALIDADES

La agroforestería como ciencia es reciente, fue institucionalizada en 1967 con la creación del Consejo Internacional para la Investigación Agroforestal (ICRAF) con sede en Nairobi, Kenya (King 1987). En el ambiente amazónico, al igual que en otros ambientes tropicales del mundo, la agroforestería es una denominación nueva para una práctica milenaria de la población aborigen, que puede ofrecer para el desarrollo moderno alternativas realistas para utilizar las mismas tierras en el largo plazo. Ecológicamente, conservando los recursos naturales, económicamente por diversificación de la producción con rentabilidad, y socialmente estabilizando a la familia campesina (Torres 1975, Hetch 1982, Zulberti 1985, OTS/CATIE 1986, Nair 1989, Leakey 1996).

El sistema de agricultura migratoria tradicional de roza-tumba-quema, es compatible con los sistemas agroforestales sucesionales multiestratados de barbechos mejorados (Nair 1985). El sistema consiste en la asociación diversificada de cultivos de ciclo corto no leñosos, con especies leñosas semiperennes y perennes, y el manejo de la regeneración natural sucesional (Figura 10.1).

El aprovechamiento consiste en la producción temporal de cultivos no leñosos con uso intensivo de mano de obra en los desyerbes, y la cosecha de los componentes semiperennes y perennes leñosos con manejo de limpiezas temporales parciales de la vegetación sucesional, con el propósito de favorecer la fenología reproductiva de las especies cultivadas y el crecimiento de las especies útiles de la regeneración natural.





**Figura 10.1.** Fases de la agricultura migratoria del colono A. Roza-tumba-quema. B. Primer año cultivos de subsistencia (yuca, piña). C. Tercer año barbecho. (Fotos: Flores Paitán)



Son numerosos los ejemplos de agroforestería amazónica con resultados exitosos, que ilustran la eficiencia de estos sistemas (Denevan & Padoch 1990, Brack 1994, Hiraoka 1985). Nuestras experiencias de más de 25 años de observación de campo, nos han permitido objetivizar la racionalidad de estos sistemas practicados por aborígenes y colonos amazónicos, bajo diversidad de ambientes ecológicos y de suelos, en los que la agricultura convencional de monoculturas y de cultivo en limpio son inviables. Los procesos adaptativos en armonía con la naturaleza, domesticando especies nativas y adaptando especies introducidas, utilizando componentes diversificados (Tabla 10.1) y generando tecnología que se armoniza con el contexto cultural de cada comunidad, explican la eficiencia del funcionamiento de los sistemas tradicionales.

En terrenos con suelos por naturaleza diversificados, frágiles, ácidos y desprovistos de nutrientes y bajo condiciones climáticas adversas de elevadas temperaturas y abundantes precipitaciones que aceleran los procesos de lixiviación, erosión y deterioro del recurso suelo. Estos limitarían tecnologías convencionales de mecanización, fertilización y encalados. Hemos identificado y estudiado, comunidades indígenas y de colonos en Selva Baja, que practican agroforestería amazónica relevante.

A continuación presentamos sistemas agroforestales en tres comunidades Amazónicas. Estas descripciones se fundamentan en la experiencia personal del autor, en investigaciones sobre utilización tradicional de uso de la tierra en éstas comunidades (Flores 1978, 1983, 1984a y c). Para las especies de plantas cultivadas, sólo se mencionan nombres vulgares en el texto, para los nombres científicos ver la Tabla 10.1.

## **AGROFORESTERÍA ABORIGEN AMAZÓNICA PERUANA**

La tribu Secoya, de la familia lingüística tucano, está localizada en la cuenca del río Yubinetto, afluente del río Putumayo, practica una excelente agroforestería desarrollada en la Selva Baja peruana.

Los Secoyas desarrollan su actividad productiva en el ambiente del bosque muy húmedo tropical (bmh-T), con precipitaciones superiores a 4000 mm y en suelos Ultisoles muy ácidos y pobres en nutrientes. Inician la selección del terreno, aplicando criterios prácticos, que evidencian amplios conocimientos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, que complementan con la identificación de plantas indicadoras de buena fertilidad de los suelos. Aprovechan los recursos forestales en las parcelas seleccionadas, con varios años de anticipación a la apertura de las parcelas, y posteriormente, en trabajos conjuntos de la familia nuclear, practican la roza-tumba-quema de la vegetación no útil culturalmente. Practican labranza mínima y siembran simultáneamente numerosas especies cultivadas leñosas y no leñosas de variado ciclo vegetativo. Aproximadamente asocian 20 diferentes especies (Tabla 10.1), siendo las más importantes maíz, yuca, plátano, piña, caña de azúcar, camote, miskipanga, pijuayo, casho, papaya, caimito, uvilla, guaba, achiote, pandisho, varios otros cultivos y numerosas plantas medicinales y psicotrópicas.

Tabla 10.1. Principales especies de cultivos de los aborígenes Secoyas (S) y Boras (B), y de colonos de Tamshiyacu (T) en la Selva Baja peruana.

ESPECIE Nombre común	Nombre científico	COMUNIDAD			USOS		
		S	B	T	Alimento	Madera	Cultural
HERBÁCEAS							
Arroz	<i>Oryza sativa</i>			X	X		
Barbasco	<i>Lonchocarpus nicou</i>		X				X
Camote	<i>Ipomaea bata</i>	X			X		
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	X	X	X	X		X
Cocona	<i>Solanum sessiliflorum</i>	X	X	X	X		
Dale dale	<i>Calathea allouia</i>		X	X	X		
Maní	<i>Arachis hipogaea</i>		X		X		X
Maíz	<i>Zea mays</i>	X	X	X	X		
Miskipanga	<i>Renealmia</i> sp.	X			X		X
Piña	<i>Ananas comosus</i>	X	X	X	X (F)		
Plátano	<i>Musa</i> spp.	X	X	X	X (F)		
Tabaco	<i>Nicotiana tabacum</i>		X				X
Tumbo	<i>Passiflora quadrangularis</i>			X	X (F)		
Yuca	<i>Manihot</i> spp.	X	X	X	X		
Witina	<i>Xanthosoma</i> sp.		X		X		
PALMERAS							
Aguaje	<i>Mauritia flexuosa</i>	X	X	X	X		X
Catirina	<i>Desmoncus</i> sp.			X	X		X
Chambira	<i>Astrocaryum chambira</i>	X	X	X	X		X
Huasá	<i>Euterpe precatoria</i>	X	X	X	X		
Pijuayo	<i>Bactris gasipaes</i>						
Ungurahui	<i>Oenocarpus bataua</i>	X	X	X	X		
LEÑOSAS							
Achiote	<i>Bixa orellana</i>	X					X
Almendro	<i>Caryocar glabrum</i>			X	X (F)	X	
Anona	<i>Rollinia mucosa</i>	X	X	X	X (F)		
Cacahuillo	<i>Theobroma subincanum</i>			X	X (F)	X	
Caimito	<i>Pouteria caimito</i>	X	X	X	X (F)		
Casho	<i>Anacardium occidentale</i>		X	X	X (F)		X
Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>			X	X (F)	X	
Catirina	<i>Desmoncus</i> sp.						
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>		X	X		X	
Coca	<i>Erythroxylum coca</i>		X				X
Copal comestible	<i>Dacryodes peruviana</i>		X		X (F)	X	X
Copoazú	<i>Theobroma grandiflorum</i>			X	X (F)		
Cumplian / cumalina	<i>Iryanthera juruensis</i>		X		X (F)	X	X
Charapilla	<i>Dypterex odorata</i>		X		X (F)	X	
Guaba	<i>Inga edulis</i>	X	X	X	X (F)	X	X
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	X	X	X	X (F)	X	
Hamaca huayo	<i>Couepia dolycopoda</i>			X	X (F)	X	
Leche caspi	<i>Couma macrocarpa</i>		X	X	X (F)		X
Marupá	<i>Simarouba amara</i>			X		X	
Palo de rosa	<i>Aniba roseadora</i>			X			
Pandisho	<i>Artocarpus altitilis</i>		X		X (F)		
Papaya	<i>Carica papaya</i>	X	X	X	X (F)		
Palta	<i>Persea americana</i>		X	X	X (F)		
Parinari	<i>Parinari</i> sp.			X	X (F)	X	
Topa	<i>Ochroma lagopus</i>	X					X
Tornillo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>			X		X	
Ubilla	<i>Pouroma cecropiifolia</i>						

(F)=Frutal

El principal componente forestal que manejan de la regeneración natural por su importante valor cultural es la topa. El manejo del sistema es intensivo durante los dos primeros años, especialmente los desyerbes, a fin de favorecer la producción de los cultivos anuales. Después del segundo año, practican desmalezados temporales semestrales o anuales, y posteriormente, dependiendo de la fenología de floración y fructificación de los diferentes componentes semiperennes y perennes, ejecutan desmalezados localizados alrededor de las plantas útiles. La intensidad del aprovechamiento del barbecho mejorado es a partir del tercer año y se prolonga según el proceso migratorio hasta 15-20 años. El turno de rotación se ha estimado en 70 años, momento en que el bosque secundario se asemeja a la estructura del bosque original, con los árboles de hasta 80 cm de diámetro y alturas que sobrepasan los 30 metros.

Su principal contribución a la tecnología de producción agrícola amazónica, es la domesticación de las plantas alimenticias y su mejoramiento genético por la selección masal. Las especies más importantes son pijuayo sin espinas y producción a baja altura, y el caimito, de bajo porte y frutos grandes. El miskipanga de frutos grandes, utilizado en alimentación, tiene potencial industrial de uso como saborizante, y las semillas contienen aceites para la producción de insecticidas, la biomasa (hojas y tallos) cortada, extendida sobre el suelo y quemada suministra la ceniza rica en potasio que fertiliza el suelo y favorece sucesivas producciones de maíz. El fuego no destruye la planta, mas bien la estimula a un vigoroso rebrote y producción de frutos que consumen en la dieta diaria.

## **AGROFORESTERÍA DE COLONOS ABORÍGENES AMAZÓNICOS**

Otra experiencia tradicional estudiada (Guyot 1977, Flores 1978, 1983, 1984c, Denevan & Padoch 1990), es la de los indígenas de la tribu Bora de la familia lingüística Witoto, en la cuenca de los ríos Zumun, Yaguasyacu y Ampiyacu, afluentes primarios, secundarios y terciarios del río Amazonas. Estos aborígenes proceden de las cuencas de los ríos Caquetá e Igaraparaná de la Amazonía Colombiana, que fueron atrapados en su medio natural y trasladados a la Amazonía peruana para ejecutar trabajos forzados de extracción del caucho en la cuenca del río Ampiyacu, donde tenía residencia la familia Arana, los mayores explotadores del caucho en la Amazonía peruana y colombiana. Es un ejemplo de la colonización exitosa por indígenas amazónicos, fundamentada en un profundo conocimiento del medio ambiente natural.

Los Boras del Ampiyacu están localizados en el bosque húmedo tropical (bh-T), con precipitaciones promedio de 3000mm, en condiciones de suelos muy parecidos a los de la tribu Secoya. Practican agricultura migratoria tradicional de roza-tumba-quema. Con labranza mínima siembran asociadas numerosas especies leñosas y no leñosas de variado ciclo vegetativo, y manejan y aprovechan la regeneración natural de especies valiosas. En total, aproximadamente cultivan 24 diferentes especies, las más importantes (Tabla 10.1) son: maíz, yuca, plátano, piña, maní, witina, coco-na, caña de azúcar, dale-dale, achiote, barbasco, tabaco, coca, casho, anona, uvilla, pijuayo, guaba, palta, macambo y umarí. Las especies que protegen y manejan de la regeneración natural son: chambira que suministra frutos y fibra para artesanía



comercial; huasaí, que abastece al mercado de exportación de palmito enlatado; aguaje, frutos para la venta y cedro principal fuente de ingresos monetarios por la venta de madera.

El aporte de esta comunidad a la tecnología de producción agrícola amazónica, es la domesticación de numerosas especies de uso múltiple, entre las que destacan: cumalina con fruto comestible y madera, y copal comestible con frutos comestibles, madera y semillas con potencial industrial en la producción de dispersantes.

Otra contribución tecnológica importante, es la producción de maní en Ultisoles. Con dominio de conocimiento edafológico seleccionan el terreno y preparan el suelo con mullimiento para facilitar el establecimiento y fructificación del maní; en razón que la hormiga arriera (*Atta* sp.) es un enemigo importante que afecta el follaje y no deja prosperar a las plántulas. Utilizan extracto de una planta compuesta que tiene efectos repelentes de la hormiga y remojan las semillas por 24 horas, tiempo suficiente para absorber el principio repelente, luego de escurrir el líquido por 24 horas. En dos días se inicia el brotamiento y la siembra se efectúa con semillas pregerminadas. Se ha comprobado que las hojas no son afectadas por las hormigas; y en razón que el maní es un cultivo exigente en nutrientes, la siembra es fertilizada con ceniza, material acopiado para este propósito, en la cocina o en lugares específicos localizados en la chacra. En pruebas experimentales exploratorias de fertilización en Ultisoles, de 14 ecotipos de maní, sólo tuvo éxito el ecotipo de maní indígena y manejado con la tecnología nativa. Los otros ecotipos manejados con tecnología de fertilización fueron afectados por las hormigas, y no fructificaron o produjeron frutos vanos (sin semillas). El maní tradicionalmente se asocia con la "yuca dulce", ecotipo muy exigente en nutrientes y que no prospera en los Ultisoles ácidos. La asociación beneficia en nutrientes a la yuca y no se produce competencia, lo que contradice la intolerancia del maní a cualquier otro cultivo asociado.

El sistema de cultivo Bora, favorece la producción de cultivos anuales hasta tres años y luego se maneja la regeneración natural para el aprovechamiento de los cultivos semiperennes y perennes, y se favorece a las especies útiles que se desarrollan espontáneamente en la parcela. Hemos constatado y evaluado el aprovechamiento de barbechos mejorados de más de 35 años con cosecha de umarí cultivado (*Poraqueiba sericea*), de charapilla (*Dypteryx odorata*) que se mantuvo en pie a la apertura de la parcela, así como de otras múltiples especies de la regeneración natural, utilizadas para diversos fines: alimenticios, leña, maderaje, tinte, fibra, atrayentes de fauna silvestre y medicinales (Flores 1984c).

## AGROFORESTERÍA DE COLONOS MESTIZOS

Nuestros estudios en colonos de Tamshiyacu (Flores 1984a), constituyen también una ilustración exitosa de los sistemas agroforestales multiestrata sucesionales. Tamshiyacu está localizado en la margen derecha del río Amazonas, dentro del área de estudio en este libro (ver el Capítulo 2).

Los pobladores actuales de Tamshiyacu son inmigrantes indígenas y mestizos de la Selva Alta y baja, incluso algunos provienen de la costa. La integración familiar de mestizos con indígenas y la convivencia entre los pobladores que constitu-

yen una comunidad, con más de 100 años de asentamiento en tierra firme, han desarrollado sistemas adaptativos de la agricultura migratoria tradicional de roza-tumba-quema, que satisface sus necesidades de subsistencia y orienta la producción al mercado, favorecidos por sus cercanía a Iquitos, capital de la Amazonía peruana, que alberga la mayor población de la región.

En total, aproximadamente asocian más de 50 especies de variado ciclo vegetativo, leñosas y no leñosas. Los principales cultivos (Tabla 10.1) son: maíz, arroz, yuca, plátano, piña, tumbo, casho, uvilla, pijuayo, macambo, barbasco, umarí, leche caspi, almendro, copozú, guaba y castaña.

Manejan o cultivan especies forestales como el cedro, tornillo, marupá y palo de rosa. El ciclo productivo del sistema es en promedio de 30-40 años, aunque se han observado plantaciones de más de 50 años en producción.

La contribución tecnológica de esta comunidad a la agricultura amazónica, es la domesticación y mejora genética por la selección masal del umarí, especie de uso múltiple que suministra frutos comestibles, madera para construcción, leña y carbón, con potencial industrial en la producción de aceite comestible de la pulpa y de taninos y almidón de la semilla. Otras especies en proceso de domesticación son: cacahuillo, frutos y madera; catirina, frutos y hojas; y hamaca huayo, frutos y madera. El principal aporte es la tecnología agronómica de producción comercial de tumbo, casho, uvilla, piña, castaña y principalmente umarí, asociados con cultivos diversificados.

## ESTADO DE AVANCE CIENTÍFICO AGROFORESTAL

### PERÍODO HASTA 1975

El estado de avance científico hasta 1975, no reportaba la disponibilidad de tecnologías racionalizadas para la utilización de tierras amazónicas en general ni del ámbito amazónico peruano en particular. Las instituciones nacionales de investigación, por separado o con participación de instituciones internacionales de investigación y desarrollo, presentaban diferentes estadios investigativos, orientados principalmente a monoculturas o cultivos mixtos y en limpio, de especies anuales nativas e introducidas, o monocultivos de frutales nativos, o silvicultura monoespecífica de árboles nativos e introducidos.

Entre las principales Instituciones de Investigación en 1975, destacaba el Programa de Suelos Tropicales del Departamento de Ciencia del Suelo de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, Raleigh, N.C. (NCSU), que en 1970 firmó un convenio con el A.I.D. (*U.S. Agency for International Development*) con el propósito de ejecutar un Programa de Investigación Agro-económica en suelos tropicales de América Latina. En el Perú, NCSU firmó en junio de 1972 un Convenio con la Dirección General de Investigaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura,



con el objetivo de realizar investigación cooperante en el Subcentro Regional de Investigaciones Agropecuarias de Yurimaguas, localizada en la Selva Baja peruana. En Agosto de 1972, en una purma (bosque secundario) de 17 años de abandono en una extensión de 2 has, en suelos Paleudult Típico, se inició la investigación comparativa del desmonte con bulldozer sin quema y el desmonte tradicional de tumba y quema, y el establecimiento de tres experimentos: cultivos continuos con especies anuales introducidas (arroz, maíz, soya) con encalado y fertilización; fertilización de pastos (*Stylosanthes guyanensis* y *Panicum maximum*) y cultivos múltiples que básicamente combinan cinco cultivos introducidos y nativos (maíz, arroz, yuca, maní, caupí), con el encalado y fertilización (NCSU 1972, 1973).

El Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial (INIAA), inició en 1972 el Programa de Investigación en Cultivos Tropicales con énfasis en los frutales tropicales que involucraban especies nativas amazónicas, orientadas al desarrollo de sistemas estables de producción. La investigación se condujo en la Estación Experimental San Roque, localizada en Iquitos, en el ambiente de bosque húmedo tropical, con precipitaciones anuales promedio de 3000 mm y temperaturas medias superiores a 24 °C, en suelos predominantemente Ultisoles. El estado de avance investigativo en 1975, comprendía la colección de germoplasma y el establecimiento de parcelas únicas de observación fenológica monoespecífica, con poblaciones variables entre 25 y 48 individuos por parcela (Blasco *et al.* 1978).

La investigación silvicultural en el Departamento de Loreto, en 1975, era ejecutada por diversas instituciones y en diferentes lugares. En Iquitos, la investigación era conducida por la Universidad Nacional de la Amazonía peruana en convenio con la FAO y la Cooperación Técnica Suiza (COTESU); en Jenaro Herrera la investigación era conducida por la Cooperación Técnica del Gobierno Suizo (COTESU). En convenio con el Ministerio de Agricultura y la Universidad Agraria la Molina. En Pucallpa, la investigación era desarrollada por la FAO y la Universidad Agraria La Molina. En general, las investigaciones que se realizaban en Ultisoles, eran incipientes y estaban orientadas prioritariamente a la adaptación de especies exóticas y nativas y al estudio de espaciamientos en la plantación. En síntesis, los resultados iniciales de la experimentación silvicultural, observados en el campo, conferían mejor adaptación y crecimiento a cinco especies forestales nativas amazónicas: tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), marupá (*Simarouba amara*), cedro (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*) y huayruro (*Ormosia coccinea*). Las meliáceas presentaban ataque del insecto barrenador del brote *Hypsipylla grandella*, y el huayruro tenía el menor crecimiento inicial. Entre las especies introducidas, inicialmente sobresalieron *Nauclea diderichi*, *Eucaliptus tereticornis*, y *Eucaliptus saligna*; al segundo y tercer año, todas las especies de *Eucaliptus* murieron por ataque de hongos, igualmente desapareció *Nauclea*.

## POSTERIOR A 1975

El desarrollo tecnológico de Yurimaguas, representó un significativo avance en el conocimiento de los suelos tropicales (Sánchez 1976). Su filosofía de producción de cultivos continuos en los trópicos vía enmiendas, fertilizantes y mecanización, tuvo



amplia difusión en la esfera científica internacional (Sánchez *et al.* 1982, Sánchez & Bandy 1982, Nicholaides *et al.* 1985). En 1981 incorporaron la tecnología de bajos insumos, como estrategia intermedia en la adopción tecnológica por el agricultor de la tecnología de altos insumos. Posteriormente en 1984, el Programa de TropSoils (1984-1987) y su contraparte el Comité TropSoils Perú en Yurimaguas, proponen la ejecución de seis proyectos en Generación de Tecnología de Manejo de Suelos, entre los que figuran la continuación del Proyecto de Cultivos continuos vía altos insumos y la ejecución de los proyectos de bajos insumos y sistemas agroforestales. Estos proyectos forman parte de las diez opciones de manejo de suelos presentados por el Plan Selva del INIPA (1983). La primera fase de la investigación agroforestal se inicia en 1984 con el convenio INIAA-IDCR y la segunda fase en 1989. En ambas participan activamente NCSU e ICRAF (INIAA 1988, 1992).

La tecnología de cultivos continuos vía altos insumos y mecanización, presentaba signos de insostenibilidad, por la aparición de deficiencias en micronutrientes, compactación y el incremento en el ataque de insectos (NCSU 1976) fue cuestionada por Fearnside (1987) y resultó socioeconómicamente inviable para el poblador selvático peruano (Szott & Castilla 1990). Actualmente continúa la investigación agroforestal (INIAA 1991, Szott *et al.* 1991).

Las actividades investigativas del INIAA en 20 años en Iquitos (Mendoza & Pinedo 1992), se traducen en avances significativos relacionados con la generación y uso de tecnologías productivas de los cultivos de caupí, plátano, frijol común, arroz, maíz, soya, yuca y frutales nativos. En 1984, se crea el Campo Experimental el Dorado en el km 36 de la Carretera Iquitos-Nauta y se establece el germoplasma de genotipos de pijuayo de Amazonía peruana, brasileña, ecuatoriana y colombiana. A partir de 1986, ejecuta el Programa Nacional de Cultivos Tropicales, cuyo objetivo es desarrollar tecnologías para promover la incorporación del pijuayo, camu camu, arazá, guaraná y castaña en los sistemas de producción de los pequeños agricultores de la Amazonía. La investigación resulta en la propuesta de cinco sistemas de producción promisorios: camu-camu inundable (ver también Capítulo 14); arazá no inundable; arazá/limón no inundable; arazá/pijuayo no inundable y pijuayo palmito/fruta no inundable. Los dos últimos sistemas, están siendo en la actualidad, promocionados a los agricultores de la carretera Iquitos-Nauta (Picón *et al.* 1992).

El IIAP, desde 1986 ejecuta investigación en el desarrollo de modelos agroforestales en su Estación Experimental de Jenaro Herrera. Otras instituciones de desarrollo rural como CARE-PERU (1992) y COPACMA, dentro de sus actividades promocionan agroforestería; en general, adoptan los avances de Yurimaguas e inician su propio desarrollo tecnológico.

En síntesis, en la actualidad respecto a 1975, el avance de la investigación formal en sistemas agroforestales apropiados para la Selva Baja es aún limitado, situación corroborada por la Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales de la FAO (Carhuapoma & Portuguese 1997).

## **DESARROLLO TECNOLÓGICO AGROFORESTÁL EXPLORATORIO EN LA UNAP**

### **Diagnósticos de campo y laboratorio**

En las condiciones descritas, de limitada disponibilidad informativa sobre sistemas tecnológicos de uso de la tierra generados por la ciencia formal, en el ámbito amazónico en general y en la Amazonía peruana en particular, en 1975 el Departamento de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Amazonía peruana, emprendió el estudio del potencial productivo del recurso suelo y los sistemas de uso de tierra practicados por las poblaciones aborígenes y colonos del Departamento de Loreto, como fundamento de un desarrollo tecnológico racionalizado de utilización de la tierra de la Amazonía peruana. Nuestros estudios, en el marco de restricciones económicas del sistema nacional universitario peruano por un lado, y por otro, las demandas de desarrollo de la población rural local, constituyen estrategias preliminares bastante modestas en un nivel exploratorio, en tanto la Ciencia Formal, con ingentes fuentes financieras de Instituciones Internacionales, desarrollan con profundidad la tecnología amazónica apropiada.

Los resultados de los estudios de campo y de laboratorio (Hunter 1977) en suelos representativos de Selva Baja (Flores 1977, 1978), corroboraron la predominancia de suelos ácidos y pobres en nutrientes en los terrenos de altura, así como la gran demanda de enmiendas y fertilizantes de alto costo, y la necesidad de mecanización, para asegurar la producción de cultivos introducidos. La tecnológica de altos insumos es cara por los elevados costos de cal, fertilizantes, maquinaria, y energía fósil que tienen que transportarse desde grandes distancias y no existe acceso por tierra. Los pobladores rurales amazónicos tienen niveles de pobreza extrema, sin posibilidades de acceso al crédito y mercado para sus principales productos por desaparición del Banco del Estado y falta de políticas de mercado. En éstas circunstancias, cualquier tecnología de altos insumos es inviable. La tecnología de bajos insumos generada en Yurimaguas, validada experimentalmente en Ultisoles de Iquitos, tampoco funcionó. La necesidad de generar una tecnología apropiada para campesinos pobres, que utilizan suelos también pobres, se hizo más evidente.

Los diagnósticos de campo sobre sistemas de uso de la tierra practicados por los pobladores selváticos nativos y colonos, brevemente referidos en acápites anteriores, determinaron que estos sistemas tradicionales amazónicos son exitosos y tienen racionalidad, por fundamentarse en experimentación tradicional empírica de éxitos y fracasos, que son continuamente enriquecidos en el tiempo. La transferencia del conocimiento tradicional adquirido, se transmite de generación en generación, por tradición oral y práctica cotidiana de producción (Flores 1978, 1983, 1984a, 1984c). Estos sistemas, son básicamente de subsistencia y con restricciones de mercado; su optimización técnica con sostenibilidad productiva y con orientación comercial, beneficiará tanto a los practicantes actuales de éstos sistemas y en mayor grado a los colonos recientes desconocedores del ambiente amazónico.



## **Fundamento de la tecnología agroforestal**

Con la información preliminar exploratoria de nuestros estudios, se inició la experimentación agroforestal también exploratoria, orientada al desarrollo tecnológico agroforestal multiestratos como alternativa racionalizada de uso de la tierra en la Selva Baja peruana. Se definió como beneficiario de la investigación, al productor selvático de economía marginal, que maneja suelos frágiles, ácidos y de muy baja capacidad productiva, por cuanto es representativo de la población rural de la región, que ocupa suelos predominantemente pobres de las tierras no inundables de la Selva Baja de la región Loreto.

El enfoque de la investigación fue adaptativa de la tecnología tradicional exitosa indígena y de colonos y su combinación con opciones viables de la tecnología moderna.

- De la tecnología tradicional se adoptó el fundamento tecnológico de adaptación de la planta al suelo; utilización de diversidad de especies; labranza mínima; manejo del reciclaje de nutrientes y aplicación de los principios de sucesión vegetal.
- De la tecnología moderna se adoptó el arreglo de especies de acuerdo a la estructura y la dinámica particular de cada especie; introducción de los cultivos y de los árboles de uso múltiple; orientación de la plantación que maximice la eficiencia fotosintética de todos los componentes, manejo de la materia orgánica generada en el sistema y uso de leguminosas enriquecedoras de la fertilidad del suelo.

## **Diseño de modelos agroforestales**

Los modelos se diseñaron de acuerdo a las oportunidades de mercado y según las condiciones socioeconómicas del agricultor.

El primer modelo agroforestal funcional básico (MAFB), se diseñó en base a las especies promisorias identificadas en el trabajo de campo y a las demandas de mercado. Igualmente, los consorcios, espaciamientos, arreglos y manejo iniciales, fueron adoptados tanto de los sistemas tradicionales como de los sistemas de investigación científica. El establecimiento del MAFB, se realizó en 1980, en los campos experimentales de la UNAP, en terrenos con bosques residuales muy intervenidos, sin valor comercial y que recientemente habían sido deforestados por campesinos pobres para practicar agricultura de subsistencia.

A partir del Modelo Funcional Básico (MAFB), se desarrollaron sucesivamente en la estación experimental, los Modelos Agroforestales Exploratorios (MAE) y los Modelos Agroforestales Prototipo (MAP), ejecutando modificaciones que perfeccionaban la funcionalidad de los modelos para su adopción y manejo por el agricultor. La fase de validación tecnológica corresponde al ajuste del modelo prototipo y a su establecimiento y evaluación en predio de los agricultores, bajo manejo del agricultor.



En general, en todos los modelos se aplicó el sistema del agricultor de roza-tumba-quema, y siembra y plantación con labranza mínima utilizando "tacarpo" (palo delgado), machete ó pala. El manejo consistió en desyerbes periódicos, manipulación de toda fuente orgánica en beneficio de los cultivos exigentes y podas de las especies forestales. La evaluación se concentró en mediciones de biomasa y producción de cultivos de ciclo corto, y mediciones dasométricas de los árboles maderables. Los principales componentes anuales y semiperennes de la mayoría de los modelos se presentan en la Tabla 10.2.

En general, el arreglo espacial de los componentes agroforestales imita la estructura de la dinámica sucesional de la vegetación natural, conformando diferentes estratos de acuerdo a la arquitectura de la planta y su hábito heliófilo ó umbrófilo, lo que deriva en el diseño agroforestal multiestra "paytán" desarrollado imaginativamente en la UNAP (Figura 10.2). La investigación científica en diseños agroforestales multiestra es muy incipiente, y según los especialistas, demandará mucho tiempo para la generación de diseños experimentales de uso práctico estadísticamente analizables. En tanto, se recomienda recurrir a la inventiva de los científicos (Bavappa 1986, Huxley 1986 y 1987, Reifsnider & Darnhofer 1987).

## FUNCIONAMIENTO DE LOS MODELOS AGROFORESTALES

La evaluación preliminar (Flores 1987a, 1987b) del modelo agroforestal funcional básico (MAFB), al quinto año de su establecimiento, registra la obtención de cinco cosechas de yuca con producciones que varían entre 12-21 toneladas por hectárea, dos cosechas de plátano (7-3 toneladas por hectárea) y tres producciones de piña (6-12 toneladas por hectárea). Los frutales pijuayo y copoazú, iniciaron su producción al tercer año de su establecimiento y el umarí al quinto año de la plantación. Las especies forestales al quinto año, alcanzaron un promedio de 6-11 m de altura total y 10-17 cm de DAP. El modelo, al quinto año de su establecimiento, presenta una estructura vertical multiestratificada de tres estratos: el estrato inferior compuesto por yuca y piña (0,5-2,5 m), el estrato medio compuesto por plátano y frutales arbóreos (3-5 m), y el estrato superior conformado por las especies maderables (6-11 m). Al sexto año, se introdujo una cobertura de la leguminosa desmodium. A los 16 años de establecimiento del modelo, las especies forestales tienen un crecimiento variable, correspondiendo los mayores valores al tornillo, que alcanza un promedio de altura de 26,5 m y un promedio de DAP de 53,7 cm. Siguen en importancia el marupá, con 15,8 m de altura y 22,7 cm de diámetro, el huayruro, con 16,4m de altura y 19,9 cm de DAP, y en último lugar el cedro, con 12,1 m de altura y 14,8 cm de DAP. El pijuayo ha concluido su ciclo productivo, continuando en producción los frutales umarí (*Poraqueiba sericea*), palta y copoazú.

Estos resultados son bastante promisorios, por cuanto permiten al agricultor extender el tiempo productivo de una misma parcela, por períodos superiores al sistema actual practicado por los colonos locales y con mayores producciones. Los beneficios complementarios del sistema, son la protección del suelo de la degradación ambiental, capitalización de la tierra por los componentes perennes y la facti-

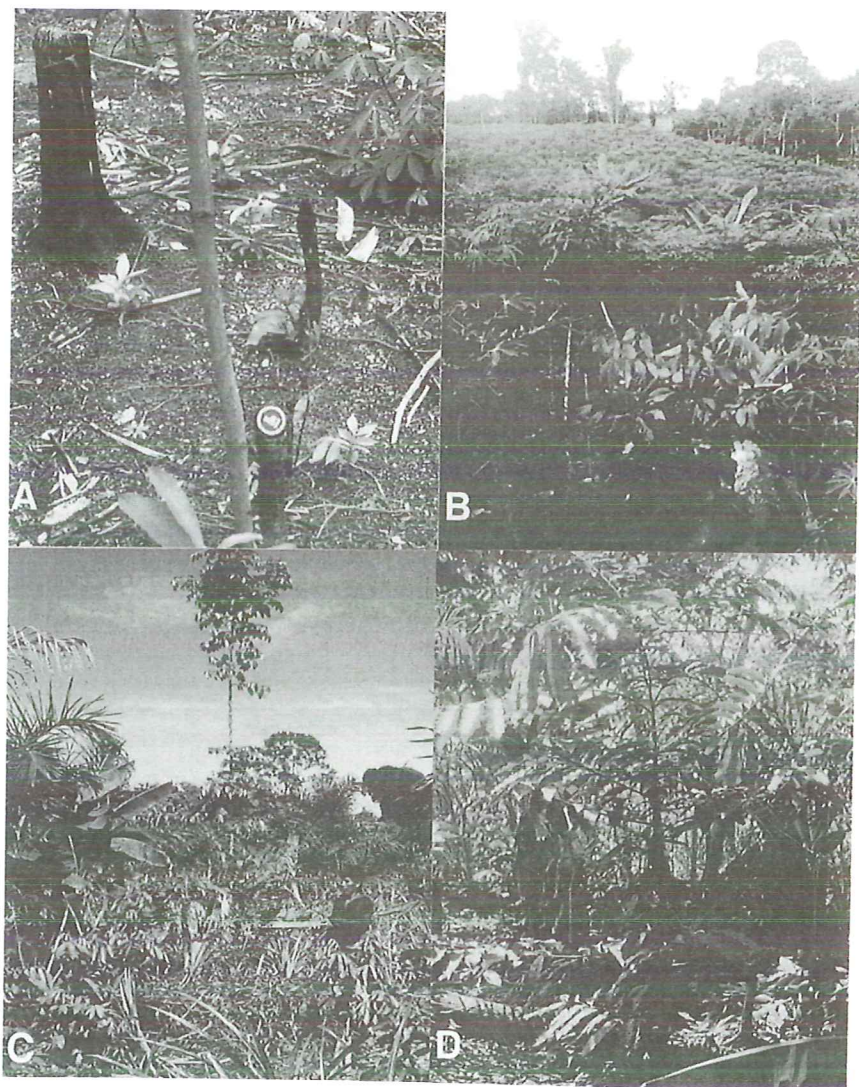
bilización de la estabilidad del colono en su propio predio en oposición al carácter migratorio de los sistemas tradicionales

Tabla 10.2. Principales componentes de los modelos agroforestales en el estudio agroforestal en la UNAP.

ESPECIE		USOS		
Nombre común	Nombre científico	Alimento	Madera	Otros
<b>HERBÁCEAS</b>				
Yuca	<i>Manihot</i> spp.	X		
Plátano	<i>Musa</i> spp.	X (F)		
Piña	<i>Ananas comosus</i>	X (F)		
Desmodium	<i>Desmodium ovalifolium</i>			Cobert. y mejora fert.
<b>LEÑOSAS</b>				
Amasisa	<i>Erythrina</i> spp.			Mejora fertilidad
Añallu caspi	<i>Cordia alliodora</i>		X	
Arazá	<i>Eugenia stipitata</i>	X (F)		
Casho	<i>Anacardium occidentale</i>	X (F)		Vino, mermelada
Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>	X (F)		Jugos, mermelada
Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	X	X	Melífera
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>		X	
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>		X	
Cítricos	<i>Citrus</i> spp.	X (F)		Melífera
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	X (F)		
Copoazú	<i>Theobroma grandiflorum</i>	X (F)		Mermelada
Cumalina	<i>Iryanthera juruensis</i>	X	X	
Charapilla	<i>Dypterex odorata</i>	X	X	Perfumería, melífera
Guaba	<i>Inga edulis</i>	X	X	Mejora fert, melífera
Guaraná	<i>Paullinia cupana</i>			Estimulante, medicina
Hamaca huayo	<i>Couepia dolococopa</i>	X	X	Melífera
Huayruro	<i>Ormosia coccinea</i>		X	Artesanía
Jaka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	X		
Marupá	<i>Simarouba amara</i>		X	
Palo de rosa	<i>Aniba roseadora</i>		X	Perfumería
Palta	<i>Persea americana</i>	X (F)	X	
Pandisho	<i>Artocarpus altilis</i>	X (F)		
Pijuayo	<i>Bactris gasipaes</i>	X (F)	X	Vino, palmito
Tornillo	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>		X	Mejora fertilidad
Umarí	<i>Poraqueiba sericea</i>	X (F)	X	Almidón, taninos
Uvilla	<i>Pourouma cecropiifolia</i>	X (F)		Vino

(F)=Frutal





**Figura 10.2.** Agroforestería multiestrata "paytán" en suelos de arenas blancas fuertemente lixiviadas de la carretera Iquitos-Nauta. **A.** Siembra/plantación simultánea. **B.** Primer año cultivos diversificados yuca, plátano y especies leñosas. **C.** Tercer año, producción de piña y plátano y crecimiento de pijuayo, cítricos y especies forestales de rápido crecimiento "tornillo" con copa pequeña. **D.** Tercer año, presentando entre otros, producción de piña y crecimiento de pijuayo y árboles de uso múltiple frutos y madera (castaña) y plantas enriquecedoras de fertilidad (guaba). (Fotos: Flores Paitán, de estudios de tecnología agroforestal de la UNAP)



El modelo prototipo, optimizado experimentalmente en espaciamientos de los componentes, arreglo espacial y secuencia cronológica, fue implementado en 1983 en los campos experimentales del Proyecto Agroforestal en Zúngaro Cocha, en cinco parcelas experimentales contiguas de 0,6 ha cada una, tres parcelas en barbechos de 5 años, una parcela en barbechos de 12 años y una parcela en barbechos de 43 años. Una parcela de cada edad fue manejada por Estación Experimental (total tres parcelas), una parcela de cinco años bajo manejo de familia indígena Bora y una parcela de cinco años bajo manejo de familia mestiza de Tamshiyacu.

El modelo prototipo para su identificación por el agricultor se denominó "paytán", por la familiaridad de los agricultores con el autor y promotor de la tecnología. El diseño del modelo prototipo multiestrata, es riguroso en los arreglos espaciales, flexible en la secuencia cronológica y muy versátil en los componentes que son determinados por las características del suelo, la oferta ambiental, el mercado, las distancias a los centros de consumo y las preferencias del agricultor.

El modelo prototipo implementado en Ultisoles de los campos de experimentales de la UNAP, seleccionó básicamente las siguientes especies (Tabla 10.2): yuca, plátano, piña, casho, uvilla, pijuayo, umarí, cítricos, coco, palta, castaña, tornillo, huayruro, cedro y desmodium. El manejo por indígenas incorporó especies de su cultura como cumalina, charapilla; y el manejo por mestizos de Tamshiyacu incorporó hamaca huayo y palo de rosa.

Los resultados preliminares al tercer año de experimentación, en general indican bajas producciones de yuca (5-6 toneladas por hectárea) y nula producción de plátano, en las parcelas con barbechos de cinco años, bajo cualquier modalidad de manejo (estación, agricultor nativo y agricultor mestizo). También se observó muy poca variación en el crecimiento de los árboles. La producción de yuca y crecimiento de árboles en barbechos de 12 y 43 años, se manifiestan superiores a barbechos de 5 años. El barbecho más antiguo produce más yuca (15 toneladas por hectárea) y plátano (100 racimos por hectárea), que el barbecho de 12 años (12 toneladas de yuca y 50 racimos de plátano por hectárea). En cambio, el crecimiento de los árboles es poco diferenciado entre ambas edades de barbechos. Esta información corrobora la influencia del capital de nutrientes en la mayor producción de los cultivos anuales y probablemente explica una demanda aparente satisfecha para los árboles con barbechos de 12 años.

La producción de casho se inició al segundo año, intensificándose al tercer año. La uvilla y pijuayo iniciaron la producción al tercer año. El umarí inicio la fructificación a los 5 años; y algunos individuos de castaña a los seis años, correspondiendo el mayor porcentaje de plantas en producción (más del 90%) a partir del décimo año. Respecto a los frutales introducidos, se observó un escaso desarrollo de los cítricos y coco y una mejor adaptación de la palta que inició su fructificación a los cinco años. Se corrobora la mayor exigencia de nutrientes y manejo por parte de cítricos y coco y la insuficiencia de materia orgánica generada en el sistema para satisfacer sus demandas.

En la estrategia de mejorar las condiciones del suelo, se introdujo al cuarto año una cobertura de desmodium que se maneja por podas anuales con machete; es una especie tolerante de sombra y con buen comportamiento bajo el sistema.

A los 13 años de su establecimiento, en el modelo prototipo se observa el funcionamiento de la dinámica sucesional de las especies cultivadas. La producción de plátano, yuca y piña, concluyen entre el segundo y quinto año. A partir del sexto, octavo y décimo años, son suprimidas del sistema casho, uvilla y pijuayo respectivamente. La estructura de la plantación agroforestal es multiestratificada, con el estrato bajo compuesto por la cobertura desmodium, el estrato medio conformado principalmente por el umarí y el estrato alto integrado principalmente por castaña, tornillo y huayruro. Las mediciones dasométricas a los 11 años de su establecimiento, indican un crecimiento promedio de los árboles del estrato alto de 20,0 m de altura y 42,5 cm de DAP en tornillo; 18,4 m de altura y 30,2 cm de DAP en castaña y 16,6 m de altura y 21,9 cm de DAP en huayruro. Los árboles del estrato medio en promedio miden 12,9 cm de altura y 18,6 cm de DAP en umarí (*Poraqueiba sericea*); 10,3 m de altura y 8,5 cm de DAP en charapilla; 7,5 m de altura 11,7 cm de DAP en cumalina y 6,5 m de altura y 12,6 cm de DAP en palo de rosa.

Preliminarmente se concluye, que el sistema agroforestal multiestrata "paytán", funciona mejor que el sistema practicado por el pequeño agricultor local. La producción es sostenida, protege el suelo, diversifica la producción, mejora el ingreso del agricultor y lo estabiliza en su medio. En contraposición, el sistema del colono es de subsistencia, de corto período productivo, de naturaleza migratoria y con alto riesgo de deterioro ambiental.

Generalmente se atribuye poco valor económico a estos sistemas y se aduce que la subsistencia será siempre su rasgo principal. Al respecto, el fundamento de la propuesta agroforestal amazónica, tiene justificación ecológica, social y económica verificables. En relación al aspecto económico, estos sistemas a través de sus componentes de ciclo corto, abastecen la subsistencia de las familias campesinas y generan excedentes para el mercado local. Los componentes leñosos, excepto la guaba que tiene función enriquecedora de fertilidad de suelos, tienen orientación comercial para los mercados locales, y la madera y otros productos como palmito y frutos de pijuayo o de castaña y la madera, para el mercado nacional e internacional.

Evaluaciones económicas de Valor Agregado Neto (VAN) y Taza Interna de Retorno (TIR) de éstos sistemas, comparados con los de la palma aceitera africana (*Elaeis guinensis*), son superiores en la zona de Iquitos. El problema radica en el sistema crediticio agrícola peruano, que no tiene en cartera éstos sistemas para beneficiarlos del crédito. Por tanto, no es un problema económico su adopción e implementación, sino del sistema crediticio nacional. Un razonamiento más sencillo, es en relación al uso adecuado de la tierra, que según los estudios edafológicos (ver el Capítulo 5) tienen principalmente aptitud forestal; mediante la silvicultura de plantación, en éstos suelos, en un turno de 30-40 años se obtendría el mismo volumen de madera que en los sistemas agroforestales propuestos, con la ventaja de éstos últimos, de haber satisfecho la subsistencia con sus cultivos de ciclo corto y suministrando ingresos monetarios por excedentes de cultivos de ciclo corto y producción de componentes de ciclo medio y largo (frutales).

## Agroforestería para la recuperación de tierras degradadas

En 1991, el Proyecto Agroforestal de la UNAP inició un trabajo exploratorio sobre la recuperación de tierras degradadas, en Ultisoles, aplicando el sistema básico multiestrata e incorporando en el sistema un componente leñoso mejorante de la fertilidad del suelo. La etapa inicial consistió en la selección de ideotipos con potencial de recuperar suelos, evaluando la capacidad de adaptación a suelos ácidos, de diferentes especies leñosas provenientes de otros ambientes tropicales así como de especies nativas amazónicas y naturalizadas de procedencia regional (Tabla 10.3). Se priorizaron especies con potencial fijador de nitrógeno, procedentes de bancos genéticos de instituciones especializadas: Banco de germoplasma de leguminosas del NFTA (Nitrogen Fixing Tree Association), con sede en Hawaii, U.S.A; Banco Genético de Semillas del ICRAF (International Center for Research in agroforestry) con sede en Nairobi, Kenya; y Banco de germoplasma del CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), con sede en Turrialba, Costa Rica.

Tabla 10.3. Principales especies mejorantes de fertilidad de suelos.

ESPECIES	Procedencias
<b>INTRODUCIDAS</b>	
<i>Acacia auriculiformis</i>	Filipinas NFTA 831
<i>Acacia mangium</i>	Hawai NFTA 27bb
<i>Albizia lebeck</i>	Malasia ICRAF
<i>Calliandra calothyrsus</i>	Kenya ICRAF
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Costa Rica CATIE
<i>Gliricidia sepium</i>	Costa Rica, Santa Marta NFTA 220
<i>Grevillea robusta</i>	Kenya ICRAF
<i>Leucaena diversifolia</i>	Hawai NFTA K156
<i>Leucaena leucocephala</i>	México, Coahuila NFTA K636
<i>Leucaena species hybrid</i>	Hawai, Waimanalo NFTA KX3b
<i>Sesbania grandiflora</i>	Malasia ICRAF
<i>Sesbania sesban</i>	Chuka, Kingajo ICRAF
<b>NATIVAS AMAZONICAS Y NATURALIZADAS</b>	
<i>Albizia</i> sp.	Nativa local
<i>Cajanus cajan</i>	Tarapoto, Selva Alta
<i>Cassia reticulata</i>	Nativa local
<i>Calliandra angustifolia</i>	Nativa local
<i>Erythrina</i> sp.	Sin espinas. Nativa local y de Pucallpa
<i>Erythrina</i> sp.	Con espinas. Nativa local.
<i>Inga</i> spp.	Chiclayo, Costa
<i>Tamarindus indica</i>	Tarapoto, Selva Alta

Los resultados al finalizar el primer año, presentaban como especies promisorias, a *Inga edulis*, *Calliandra angustifolia*, *Cassia reticulata*, *Calliandra calothyrsus*, *Grevillea robusta*, *Acacia auriculiformis*, *Erythrina* spp., *Inga* spp. y *Cajanus cajan*; la sobrevivencia de éstas especies fue de 80-100 %. El restante de especies, alcanzó una sobrevivencia muy baja, que variaba de 10-40 %, y presentaban un estancamiento de crecimiento. Al finalizar el segundo año, *Calliandra calothyrsus*, *Grevillea robusta*,



*Acacia auriculiformis*, e *Inga* spp., tenían bajos valores de sobrevivencia, los que variaban entre 20-40 %; las plantas fueron afectadas por secamiento inicial apical que posteriormente se generalizó y ocasionó la muerte de las plantas; todas fueron descartadas del estudio. De las especies nativas, *Erythrina* spp. mostró muy lento desarrollo y fue afectado por un barrenador del brote que ocasionó la muerte de las plantas; *Calliandra angustifolia* fue descartada por su bajo porte para manejo por podas. Las especies selectas como enriquecedoras de fertilidad fueron *Inga edulis* y *Cassia reticulata*. En el manejo de podas, *Cassia reticulata* es poco resistente, se deteriora rápidamente en el tiempo, *Inga edulis* es superior. El resultado final del estudio asigna a *Inga edulis*, el ideotipo amazónico de planta fijadora de nitrógeno con potencial enriquecedor de la fertilidad de suelos, con atributos de versatilidad de adaptación a suelos ácidos, ser tolerante a quema e hidromorfismo temporal; y bajo manejo de podas, alta capacidad de rebrote y de producción de abundante biomasa foliar.

## Validación tecnológica agroforestal

### Con monitoreo

En julio de 1995, en el marco de la investigación colaborativa interinstitucional, auspiciada por la Unión Europea, en convenio con la Universidad de Turku (Finlandia), y con participación de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), se inició en San Gerardo (km 19,5 carretera Iquitos-Nauta), la validación agroforestal multiestrata generada en la UNAP, en barbechos de 14 años en suelos de arenas blancas fuertemente lixiviadas (Capítulo 4) representativos del área de influencia de la carretera (Flores 1998a).

La hipótesis de la investigación plantea que la tecnología agroforestal amazónica desarrollada en la UNAP en Iquitos, aplicada en terrenos empurmados (en barbecho) de los agricultores locales, recuperará la capacidad productiva de la tierra y conferirá sostenibilidad productiva económica al sistema; la adopción tecnológica será factible por la familiaridad de componentes y de manejo respecto al sistema del agricultor local.

En un área de 4,0 ha, aplicando el diseño experimental de bloque completo randomizado, se comparan en tres repeticiones, dos niveles de intervención agroforestal multiestrata respecto al sistema de agricultura migratoria del colono local. Los niveles de intervención difieren en la intensidad de manejo de guaba (leguminosa enriquecedora de la fertilidad del suelo); en el primer nivel, semi-extensivo, guaba es dispersa (3 x 3 m); y en el segundo nivel, semi-intensivo, a guaba dispersa se añade guaba en (callejones) dobles hileras (0,25 x 0,50 m) distanciadas 12 m.

La preparación del terreno es tradicional bajo roza-tumba-quema; y la siembra y plantación de los diferentes componentes (Tabla 10.4), es simultánea y con labranza mínima manual con "tacarpo" (palo delgado), machete y pala. El manejo básico, consiste en desyerbes y podas de árboles y de plantas enriquecedoras; y la evaluación registra producción de cultivos, biomasa de plantas enriquecedoras. En árboles, mediciones dasométricas iniciales de altura, y después del tercer año diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro de copa (DC).

La experimentación esta en la fase inicial de su desarrollo. En las evaluaciones preliminares del período Julio/95-Julio/97 (Flores 1998a), se registran en los sistemas agroforestales, una producción comercial de yuca (4444 plantas por hectárea) valorada entre USD 790-910 y una producción comercial de piña valorada entre USD 603-609; en el sistema del agricultor se obtuvo una producción comercial de yuca (6666 plantas por hectárea) valorada en USD 880 y producción de subsistencia de piña valorada en USD 60. La producción de biomasa fresca total (hojas, ramas y leña) de guaba en el sistema semi-extensivo fue de 5,4 toneladas por hectárea y en el semi-intensivo de 15,5 toneladas por hectárea. El mejor crecimiento de frutales en ambos sistemas agroforestales correspondió a palta, con alturas promedio que variaron entre 3,78 y 3,83 m; y el mejor crecimiento de las especies del estrato alto alcanzó tornillo con alturas promedio que variaron entre 5 y 6 m.

Tabla 10.4. Componentes agroforestales multiestratados.

COMPONENTES		Sistemas agroforestales			Usos		
Nombre Común	Nombre Científico	Extensivo	Intensivo	Agric. migrat.	Alimento	Madera	Mejora fertilidad
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>	X	X	X	X		
Plátano	<i>Musa sp.</i>	X	X		X (F)		
Piña	<i>Ananas comosus</i>	X	X	X	X (F)		
Pijuayo	<i>Bactris gasipaes</i>	X	X		X (F-P)		
Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>	X	X		X (F)		
Cítricos	<i>Citrus sp.</i>	X	X		X (F)		
Palta	<i>Persea americana</i>	X	X		X (F)	X	
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	X	X			X	
Tornillo	<i>Cedrelia catenaeformis</i>	X	X			X	X
Castaña	<i>Bertholletia excelsa</i>	X	X		X (F)	X	
Palta moena	<i>Mezilaurus synandra</i>	X	X			X	
Guaba	<i>Inga edulis</i>	X	X		X	X	XXX
Desmodium	<i>Desmodium ovalifolium</i>	X	X				X

(F)=Frutal, (P)=Palmito

Los avances de la investigación cuantifican mejores potenciales de producción sostenida a los sistemas agroforestales multiestrata semi-extensivo y semi-intensivo, respecto al sistema migratorio del agricultor. En un período inicial de 24 meses, el sistema del agricultor, luego de una cosecha de yuca, dejó el terreno en barbecho ante la imposibilidad del sistema de soportar un nuevo cultivo de yuca. En cambio, los sistemas agroforestales, proyectan en el corto, mediano y largo plazo producciones sostenidas con manejo de la biomasa de plantas enriquecedoras de la fertilidad del suelo. El crecimiento promedio en dos años del tornillo (5,99m en el sistema semi-extensivo y 5,04 m en el sistema semi-intensivo), comparando con el crecimiento en Ultisoles de Iquitos (2,04 m – 5,75 m), es también promisorio (Flores 1987b). Es muy importante relevar éstos resultados, por cuanto las tierras intervenidas en la investigación, tienen suelos arenosos sin aptitud agropecuaria, que deberían destinarse mas bien a la conservación, la que es su verdadera vocación (Zamora 1974, ONERN 1975 y 1996c, MA-DGFF/ORDELORETO 1981, Capítulos 4, 5 y 12).



## EN CAMPO DE AGRO CULTORES

La validación tecnológica exploratoria de los sistemas agroforestales semi intensivo y semi extensivo, en campos de agricultores locales, también se inició en 1995 con la participación de Caritas Iquitos (Flores 1998b).

Caritas Iquitos, es una institución de la Iglesia Católica que promueve la actividad productiva de la tierra, como una estrategia viable para superar la pobreza extrema de la población rural. El ámbito geográfico del Vicariato de Iquitos, abarca una extensión aproximada de 8,5 millones de hectáreas (30 % del Departamento de Loreto) y está comprendida en la zona de vida predominante de bosque húmedo tropical. El área tiene la representatividad de la Selva Baja en suelos (Entisoles, Inceptisoles, Alfisoles, Ultisoles, Spodosoles) y en pobladores de economía marginal (indígenas, campesinos y colonos). Las comunidades promocionadas con agroforestería totalizan 58, y están distribuidas en las cuencas de los ríos Nanay, Itaya, Marañón y Tigre, y en la Carretera Iquitos-Nauta.

La promoción tecnológica se fundamenta principalmente, en la capacitación participativa de los recursos humanos, técnicos y campesinos, en el proceso de validación agroforestal monitoreada, complementada con giras agronómicas a los campos experimentales del Proyecto agroforestal de la UNAP y de otras instituciones, así como a campos de agricultores exitosos con tradición amazónica. Se prioriza la capacitación, en diagnósticos de campo y de recursos vegetales; implementación y manejo de viveros; técnicas de distribución de componentes, plantación y podas; y en el entendimiento por el agricultor de la sostenibilidad productiva de los sistemas agroforestales, vía especies enriquecedoras de la fertilidad del suelo y producción de abono orgánico con suplemento mineral.

El éxito en la transferencia tecnológica agroforestal se manifiesta, en la adopción inicial por los agricultores de pequeñas parcelas demostrativas en sus predios y, posteriormente, en la voluntaria integración de la agroforestería en una hectárea de cultivo tradicional de subsistencia. En el periodo 1995-1997, en total se han implementado 911 ha, entre parcelas demostrativas y parcelas de cultivo agroforestales (Flores 1998b).

La validación de campo es aún incipiente. Sin embargo, en el corto tiempo de observaciones de funcionamiento de los sistemas, complementados con resultados de talleres evaluativos con participación activa de los agricultores beneficiarios y los técnicos de campo (Flores 1997b), se han identificado signos de impactos positivos percibidos por los mismos agricultores. Ahorro de tiempo y de trabajo por ordenamiento de componentes leñosos, que racionaliza el manejo de sus cultivos de subsistencia. Los componentes leñosos agroforestales no compiten con sus cultivos tradicionales, es más bien reconocida la plantación de guaba como benefactora de sus cultivos. La extensión del tiempo productivo de la tierra, se objetiviza en la ausencia del barbecho, por continuidad de crecimiento de las plantas leñosas de valor comercial. El terreno con plantación de árboles comerciales tiene mayor valor que la purma, siendo una buena herencia para los hijos y constituye una fuente de productos y medio de trabajo que no se puede abandonar, otorgando estabilidad a la familia campesina.



En el proceso de validación tecnológica, el monitoreo y el acompañamiento a los agricultores, hasta la expresión productiva de los cultivos perennes de los sistemas agroforestales son fundamentales. Sin embargo, no son posibles de ejecutar, por la naturaleza misma de los proyectos financiados por las instituciones nacionales o internacionales, que son de corto plazo y las limitaciones presupuestarias de los proyectos que no consideran recursos suficientes para cubrir regularmente los desplazamientos a grandes distancias entre comunidades y entre predios dentro de cada comunidad, ni permiten contratar los servicios de personal especializado para el monitoreo, ni para pagos de análisis de suelos y plantas, entre otros.

## CONCLUSIONES

El nivel de desarrollo tecnológico de sistemas alternativos a la agricultura migratoria en Selva Baja peruana, es aún incipiente. Las instituciones nacionales e internacionales de investigación científica formal y con adecuados recursos económicos, aplican enfoques convencionales simplificados, a un ambiente poco estudiado y aún incomprendido, sumamente frágil y heterogéneo en sus componentes bióticos, abióticos y culturales. Sus resultados no son los esperados y prolongan el tiempo de generación tecnológica que sea viable técnica, ecológica, económica y socialmente.

Existen sistemas tradicionales exitosos de uso de tierra practicados por pobladores rurales de Selva Baja, que son el resultado de investigación informal de éxitos y fracasos logrados en más de 100 años de convivencia con el medio amazónico. Estos sistemas demuestran la factibilidad de racionalización del uso de la tierra.

El desarrollo tecnológico exploratorio agroforestal, en situación de austeridad económica, sustentada en tecnología tradicional amazónica combinada con innovaciones de la tecnología moderna, resultan en alternativas potenciales a la agricultura migratoria, de productores con economía marginal y que ocupan tierras por naturaleza infértiles.

La validación tecnológica agroforestal exploratoria, tanto monitoreada como en campos de agricultores, presentan limitaciones de tiempo y de recursos económicos en su ejecución. En el primer caso, expresan su potencialidad en el mediano y largo plazo. En el segundo caso, demandan servicios de análisis de suelos y de plantas, abundante energía fósil por las grandes distancias por río y personal de campo para la capacitación y el registro de la información. Los proyectos en general, son de corto ciclo y con restricciones presupuestarias.

La transferencia de tecnología agroforestal exploratoria es factible mediante la capacitación. La adopción se facilita por la familiaridad del agricultor con el manejo tradicional, y la objetivación, tanto de su mayor valor por los componentes leñosos como de su sostenibilidad productiva con el manejo de fuentes fertilizantes que el mismo puede producir.

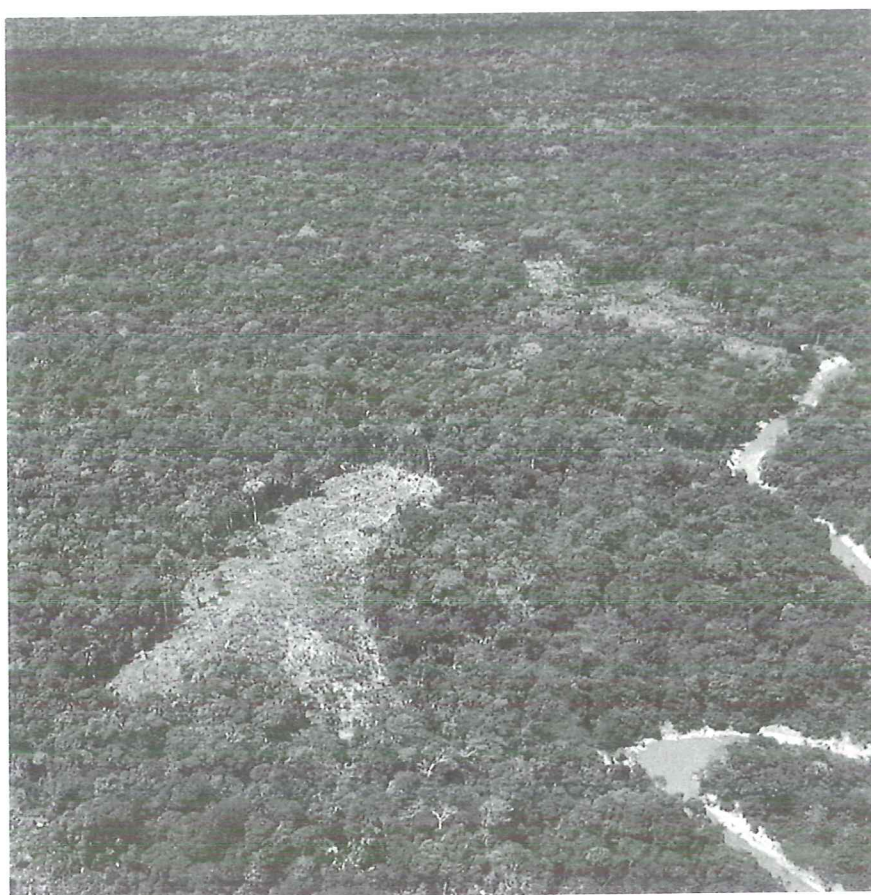
Finalmente, la estrategia del desarrollo tecnológico exploratorio, fundamentada en la optimización de los sistemas tradicionales amazónicos estará vigente, en tanto la Ciencia formal genere la tecnología apropiada.

En resumen, la UNAP con fundamento amazónico, desarrolló experimentalmente en el nivel exploratorio, una opción tecnológica agroforestal multiestrata, orientada a campesinos de la Selva Baja peruana que viven en extrema pobreza, que practican agricultura migratoria en tierras frágiles con suelos ácidos e infértiles. Los resultados experimentales y la validación en proceso, confirman el alto potencial de ésta tecnología, como una alternativa sostenible viable de orientación comercial, tanto a la agricultura migratoria no tradicional deteriorante, como a la recuperación de tierras de conservación degradadas. La adopción tecnológica por el agricultor es factible con capacitación, por la percepción, tanto de la familiaridad con su manejo tradicional como por el valor económico y sostenibilidad con recursos a su alcance.

---

# PARTE 4

## MAPA GEOECOLÓGICO







# CAPÍTULO 11

## MAPA GEOECOLÓGICO DE LA ZONA DE IQUITOS Y VARIACIÓN AMBIENTAL

Risto Kalliola, Kalle Ruokolainen, Hanna Tuomisto, Ari Linna y Sanna Mäki

---

### RESUMEN

Hemos producido un mapa en el cual tratamos de presentar la mayor variabilidad ambiental de la zona de Iquitos. La elaboración del mapa se hizo en cuatro fases principales. Primero, se hizo un realce para una imagen de satélite Landsat TM, y se reconoció visualmente la variación representada en la imagen. Segundo, se hicieron estudios de campo en lugares seleccionados de tal manera que representan, tan completamente como sea posible, la variación identificada en la imagen. Tercero, se correlacionaron los detalles discernibles en la imagen de satélite con las características ambientales observadas en el campo. Cuarto, se interpretaron los patrones en la imagen en base a los estudios del campo, y se delimitaron unidades del paisaje o áreas internamente relativamente homogéneas. Las características ambientales más importantes que se utilizaron como criterios para delimitar las unidades del paisaje son: historia geológica, geomorfología, suelos y composición de especies de plantas. Se notó que la historia geológica y la geomorfología eran factores importantes para entender la variación de las otras características, y por eso se denominó el producto como un mapa "geoecológico".

Se delimitaron en total once unidades de paisaje. Sin embargo, se reconoce muy claramente que en el área de estudio existe, en varias escalas geográficas, todavía mucha variación ambiental que no ha sido descrita adecuadamente en el presente trabajo. Para enfatizar el carácter preliminar del mapa, y para dar al usuario la oportunidad de formar su propia opinión sobre las unidades reconocidas, se presentan conjuntamente la imagen de satélite no clasificada y el mapa interpretado de las unidades del paisaje. También se indican los puntos donde se hicieron estudios del campo para mostrar cuáles son las áreas mejor conocidas y cuáles son áreas de donde no existe información directa. Se espera que este estilo de preparar un mapa de la variación ambiental llame la atención por los méritos pero también por las debilidades del trabajo realizado. Sobre todo, se espera que este mapa pueda servir como un incentivo para otros trabajos parecidos en el futuro.

*En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114: 443-457.*

## INTRODUCCIÓN

El primer paso hacia un manejo apropiado y sostenible del paisaje amazónico, es la identificación y el mapeo de la variación de las condiciones físicas, químicas y biológicas del ambiente. El clima, la hidrología, las características de los suelos (granulometría, drenaje y contenido de nutrientes) y la composición faunística y florística del bosque son algunas de las características importantes que deben considerarse cuando se hacen decisiones sobre diferentes usos de la tierra.

Por ejemplo, cuando es necesario talar nuevas áreas boscosas para la agricultura, hay que saber la localización de las tierras aptas para esa actividad; pero también hay que cuidar que esta no destruya las condiciones para practicar forestería, ecoturismo, recolección de productos silvestres u otras actividades basadas en la utilización del mismo ambiente, y que las poblaciones de animales y plantas silvestres se mantengan.

Lamentablemente, uno puede fácilmente hallar varios ejemplos donde el uso de la tierra demuestra falta de información o mal entendimiento de las características de la llanura amazónica (Dourojeanni 1990, Eden 1990). Una de las concepciones erróneas más comunes ha sido que la vegetación exuberante indica que los suelos sean muy productivos en términos agropecuarios. Esa idea ya está siendo superada, pero persiste todavía otra: que el ambiente y los bosques húmedos amazónicos son esencialmente homogéneos, con la excepción de la variación causada por los ríos y sus planicies inundables.

Pero la llanura amazónica en realidad contiene bastante variación tanto en su clima como en sus suelos, y algunos inventarios realizados por instituciones e investigadores nacionales e internacionales ya han podido cartografiar parte de esta variación (ver el Capítulo 2). Sin embargo, es evidente que se necesita todavía mucha labor para mejorar la precisión y para extender la cobertura de este tipo de trabajos, ya que tanto el uso como la conservación del ambiente tienen que estar basados en el conocimiento de las características del mosaico.

Teóricamente, es sencillo mejorar mapas: sólo hay que estudiar más puntos en el campo, y así queda menos espacio para especulaciones sobre las características de las áreas intermedias. Pero en términos prácticos, tales trabajos demandan mucho tiempo y dinero, y hay varios inconvenientes logísticos en estos bosques húmedos tropicales. Además, un estudio comprensivo necesita la colaboración de expertos que representen varias disciplinas con métodos diferentes, y la posterior integración de los resultados. Por lo tanto, la clasificación de los lugares estudiados en diferentes tipos de terreno no es simple, como el lector puede apreciar hojeando las páginas del presente libro.

Con los métodos de percepción remota, es posible obtener información sobre áreas extensas sin visitarlas. Fotografías aéreas e imágenes de satélite han sido utilizadas con éxito desde hace algunas décadas para identificar diferentes clases de uso de la tierra, tales como cultivos de diferentes plantas y áreas urbanas, y tipos de vegetación estructuralmente diferentes, como pantanos, desiertos, sabanas, bos-



ques secos y bosques húmedos. Sin embargo, pocas veces se ha tratado de identificar la variación dentro de aquellos bosques húmedos tropicales que parecen estructuralmente homogéneos.

Aquí presentamos un mapeo de la variación ambiental en la zona de Iquitos. La base de este mapeo está en la combinación de la información de una imagen de satélite con la información obtenida a través de trabajos del campo realizados por investigadores de varias disciplinas. La imagen se ha utilizado tanto en la selección de los lugares para los estudios de campo, de tal manera que representan paisajes diferentes según la interpretación preliminar, y en la extrapolación de la información generada hasta áreas no estudiadas. Estamos denominando este producto "Mapa geoecológico", porque los trabajos de campo han demostrado que la historia geológica y las geoformas tienen mucha influencia en las características físicas y químicas del ambiente, las cuales, por su parte, están correlacionadas con las características de la vegetación.

Todo el proceso de la preparación de este mapa nos ha convencido de la inmensa complejidad del ambiente en la zona de Iquitos, y de la necesidad urgente de ampliar y profundizar los estudios de los diversos componentes del ambiente. El mapa elaborado con la información disponible ahora presenta en una manera transparente las principales interrogantes y señala los espacios que requieren mayor información. Es nuestro propósito ampliar la base de conocimientos, servir de orientación en el perfeccionamiento del mapa, motivar la profundización de los estudios y servir de base para investigaciones integradas en otras áreas del ámbito amazónico peruano en particular y de la Amazonía continental en general.

## ELABORACIÓN DEL MAPA

El proceso de la elaboración del mapa ha consistido de cuatro fases principales: (1) procesamiento de la imagen de satélite y reconocimiento preliminar o hipotético de la variación ambiental, (2) selección de los sitios para los trabajos de campo con el fin de cubrir tanta variación como sea logísticamente posible, (3) interpretación de las características ambientales observadas en los sitios del campo y su correlación con los patrones que presenta la imagen de satélite, y (4) interpretación de los mismos patrones y delimitación de áreas relativamente homogéneas en el área de estudio. Este trabajo ha sido realizado principalmente por los autores de este capítulo, en colaboración intensiva con los demás científicos que participaron en la elaboración del presente libro.

De estas fases, la selección de los sitios para los trabajos de campo es relativamente sencilla. En los otros aspectos hay más detalles prácticos y teóricos que tratamos de explicar a continuación.

## PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN DE SATÉLITE

La idea general que uno consigue durante un vuelo sobre los bosques amazónicos es que la estructura de la vegetación varía muy poco. Solamente algunos patrones como pantanos dominados por unas pocas especies (aguaje, punga, gramalote), bosques sucesionales a lo largo de los ríos y bosques en arena blanca son fácilmente visibles en la vegetación natural. Sin embargo, en las imágenes de satélite aparecen, con colores diferentes, además de estos patrones de vegetación todavía muchos más detalles del paisaje (Tuomisto *et al.* 1994, 1995). Cada color de la imagen es un resultado de una manera característica en la cual la superficie de la tierra está reflejando las diferentes longitudes de onda de luz. Por lo tanto, cuando se observan diferentes colores en una imagen de satélite, aquellas características ambientales que afectan la reflectancia de luz no pueden ser homogéneas dentro del área cubierta por la imagen.

Hay numerosos satélites que están observando toda la superficie del mundo y registrando información sobre la intensidad de reflectancia de luz de varias longitudes de onda. Por ejemplo, el instrumento TM (*Thematic Mapper*) en el serie de satélites Landsat, se ha utilizado ampliamente en el mapeo de los recursos naturales de la tierra. Landsat TM registra siete rangos de longitud de onda diferentes de la radiación electromagnética, desde luz visible azul hasta luz infrarroja y radiación térmica infrarroja. Básicamente esta radiación tiene su origen en la luz solar, que ha sido reflejada desde la superficie de la tierra. La radiación reflejada consigue un espectro distinto según el tipo de superficie, porque diferentes tipos de cobertura de la tierra tienen características de reflectancia diferentes.

La intensidad de radiación en cada una de los siete rangos de longitudes de onda, llamadas las siete bandas de Landsat TM, se registra en células o pixels que corresponden a una superficie de 30 x 30 m en la tierra. Es posible preparar un mapa en blanco y negro utilizando una sola banda, por ejemplo infrarrojo cercano, donde la oscuridad de cada uno de los pixels depende de la luz de esta banda reflejada por el pedazo de terreno correspondiente. En este ejemplo, los pixels que corresponden a cuerpos de agua aparecen muy negros (el agua refleja muy poca luz infrarroja) mientras que los pixels que corresponden a carreteras se presentan casi blancos (la carretera refleja mucha luz infrarroja).

Se puede preparar un mapa en colores juntando tres mapas producidos con bandas diferentes. En este caso, los tres mapas no se producen en blanco y negro, sino en los colores principales: un mapa en rojo, uno en verde y otro en azul. Esto da un resultado donde cada pixel demuestra una mezcla de los colores principales. Así, por ejemplo, un pixel que ha reflejado radiación más o menos igualmente en las tres diferentes bandas aparece gris en la imagen (una mezcla igual de rojo, azul y verde) mientras que un otro pixel puede aparecer amarillo (muy poco de azul en relación con el verde y rojo) o violeta (muy poco verde en relación con el rojo y azul).

En el procesamiento de la imagen Landsat TM para el Mapa geoeológico hemos utilizado el método de Componentes Principales, que hace posible combinar informaciones registradas por más de tres diferentes bandas. La imagen que presentamos combina la información de seis bandas diferentes: PC1 (primer compo-

nente principal) de las bandas 1, 4 y 5 es asignado como rojo, PC1 de bandas 3, 4 y 7 como verde y PC1 de las bandas 5 y 7 como azul. De tal manera, la imagen presenta información desde luz visible hasta radiación infrarroja. Esta combinación ha sido elegida porque representa efectivamente las características ambientales en los áreas no inundables, y además los colores obtenidos parecen un poco naturales.

Algunos aspectos ambientales pueden deducirse directamente de los valores de reflectancia en la imagen de satélite. Por ejemplo, ríos y lagos pueden cartografiarse de esta manera porque los cuerpos de agua tienen características de reflectancia muy específicas. Sin embargo, es casi siempre necesario verificar las deducciones con observaciones directas en el campo, porque cuando las diferencias en reflectancia son menores, sus significados ambientales no pueden determinarse sin información adicional. Por ejemplo, puntos densamente poblados, como el centro de la ciudad de Iquitos, tienen reflectancias casi idénticas con las playas ribereñas. Para determinar donde se encuentran las playas y donde las ciudades, uno tiene que utilizar información adicional, especialmente experiencia de campo, sobrevuelos y mapas existentes. En el caso de reconocer asentamientos humanos, carreteras, chacras y purmas, es relativamente fácil obtener esta información adicional. Pero la mayoría de la superficie Amazónica está cubierta por bosque, y sobre la variación ambiental dentro de los bosques hay muy poca información anterior que podría reemplazar las observaciones de campo. Por lo tanto, la clasificación y el mapeo de la vegetación natural requiere mucho más esfuerzo en los trabajos del campo.

## **CORRELACIÓN ENTRE CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DEL BOSQUE Y LA IMAGEN DE SATÉLITE**

En teoría es sencillo correlacionar las características ambientales y las reflectancias de luz en la imagen de satélite. En el campo, se mide alguna característica (por ejemplo de la vegetación) en las áreas seleccionadas para el estudio, y de la imagen de satélite se leen los valores de reflectancia de luz de aquellos pixels que cubren éstas mismas áreas. Después es una cosa puramente matemática a calcular si existe una correlación o no. Sin embargo, hay varias razones para no utilizar un método tan pragmático.

En la práctica, es casi imposible localizar los trabajos de campo tan exactamente como para definir a que pixels corresponden, porque en los bosques amazónicos faltan mapas geográficos suficientemente exactos. Además, un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) con cual se puede medir las coordenadas en el campo necesita un claro en el bosque para recibir señales de los satélites de navegación, y en todo caso sus mediciones tienen un error de 50 a 200 m — mayor que el tamaño del pixel (30 m en Landsat TM).

Otro problema es la diferencia temporal entre el trabajo de campo y la toma de la imagen de satélite: el terreno puede haber cambiado entre las mediciones en el campo y la del satélite si ha pasado mucho tiempo entre ambas. La mayoría de la luz registrada por el satélite se refleja del dosel del bosque. El dosel es una superficie muy dinámica que continuamente cambia su apariencia según la fenología de las plantas (épocas de floración, fructificación, crecimiento y tal vez caída de las



hojas) y sucesión forestal (la muerte y regeneración de los árboles). Es muy difícil conseguir una imagen de satélite del mismo día, o hasta del mismo año, en que se hizo el trabajo del campo. Las imágenes de satélite sobre una cierta área sólo se toman dos veces por mes, y en la Selva húmeda la mayoría de estas tomas tienen tantas nubes que no sirven para caracterizar la variación ambiental.

Una manera práctica de superar por lo menos una parte de estos problemas es operar con una escala más amplia, tanto en los cálculos matemáticos de correlación como en las comparaciones visuales entre los resultados del campo y los patrones de colores, tonalidades y otras características en la imagen. Se puede suponer que en áreas de bosque que incluyen varios cientos de pixels, la dinámica de muerte y regeneración de árboles está más o menos en equilibrio y el promedio de reflectancia se mantiene en el mismo nivel. De la misma manera, los cambios fenológicos de una sola o unas pocas especies no afectan tan fácilmente la reflectancia promedio de cientos de pixels.

Es claro que la ampliación de la escala geográfica no puede resolver completamente las complicaciones temporales. Si existe variación fenológica sincronizada en muchas especies, los valores de reflectancia en prácticamente todos los pixels pueden variar según la época del año. Esto resulta en un fenómeno regional que puede producir en la imagen de satélite tales patrones en el bosque que sólo son visibles durante una cierta época del año, mientras que parecen semejantes en otras épocas; pero también es posible que siempre se vean los mismos patrones aunque sus colores cambiaran durante el año. En la Amazonía, por lo menos en las zonas inundables las condiciones ambientales cambian fuertemente durante el ciclo de crecientes y vaciones, pero no sabemos si eso afecta la facilidad de distinguir los bosques inundables de los diferentes bosques en tierra firme.

En el presente trabajo hemos realizado estudios de campo en varios sitios. La ubicación de todos los puntos con datos detallados de campo se presentan en el Mapa geoecológico, y los resultados de los estudios se han presentado en los otros capítulos en este libro. Las correlaciones numéricas entre la información registrada por el satélite y la composición florística de la vegetación se presentan en el Capítulo 7.

Para verificar los patrones en las imágenes de satélite y su relación con los tipos de paisaje, también hemos hecho observaciones generales en diversas partes del área de estudio. Estos estudios incluyen más de cinco sobrevuelos con avioneta, durante los cuales se ha registrado información a una escala menos precisa pero cubriendo todas las principales clases de cobertura de tierra. Para controlar los problemas temporales y para verificar las interpretaciones visuales, hemos consultado también fotografías aéreas de varias fechas e imágenes de satélite de los años 1983 y 1995.

## **SOLUCIONES CARTOGRÁFICAS**

En la preparación del Mapa geoecológico hemos utilizado algunas nuevas soluciones cartográficas que posiblemente son aplicables también en otras áreas. Como hemos mencionado antes, en las selvas amazónicas es difícil aplicar los métodos

tradicionales de mapeo de la vegetación debido al alto número de especies de plantas y el difícil acceso a sitios dentro del bosque. Por eso, muchas publicaciones no reconocen subdivisiones dentro de la Selva Baja, o sólo reconocen pocas clases que se basan principalmente en hidrología o topografía. Algunos estudios incluyen una selección de mapas temáticos de geología, suelos, hidrología, vegetación y otros (por ejemplo ONERN 1981, 1982). En el Mapa geoecológico, hemos querido combinar los conocimientos de varias disciplinas en un solo producto.

Al preparar un mapa interpretado de la vegetación, suelos u otras características ambientales, es importante elegir bien las herramientas cartográficas. Por ejemplo, el uso de colores contrastantes entre las unidades en el mapa sugiere diferencias marcadas entre ellas, y los colores homogéneos dentro de las unidades dan la impresión de una cobertura uniforme. Ambas conclusiones pueden ser problemáticas: en el mundo real de la Amazonía, los límites entre las unidades pueden ser difusos, mientras las unidades no necesariamente son internamente homogéneas.

Para confrontar estos problemas, hemos elegido presentar la imagen de satélite original como una parte del mapa. Eso da a cualquier persona la posibilidad de apreciar la heterogeneidad del paisaje y también facilita la evaluación crítica de nuestras interpretaciones, que se presentan en la segunda parte del mapa.

Las imágenes de satélite pueden considerarse como fuentes de inspiración, porque hacen visibles muchos patrones anteriormente desconocidos dentro de la Selva, y llaman la atención a cada vez nuevas características en el paisaje. La variación en los colores y tonalidades en una imagen visualiza cambios de relieve, estructura de la vegetación, composición florística y otras características de la zona, y puede utilizarse para identificar detalles que pueden tener importancia ecológica y merecen ser averiguados en el campo. Por estas razones nos parece importante presentar la imagen original al público.

Sin embargo, la interpretación de una imagen de satélite crudo no es fácil, porque requiere conocimiento tanto sobre el área representada en la imagen como sobre imágenes de satélite en general. En la mayoría de los casos es imposible interpretar el significado ambiental de los detalles diferentes en la imagen sin tener información adicional del campo. Inclusive los científicos con experiencia pueden tener opiniones diferentes sobre como interpretar los patrones de una imagen. Por estas razones consideramos importante también producir un mapa interpretado, que expone al público nuestras ideas sobre la zona. Esperamos que esto facilite la distribución de la información al mismo tiempo que ayude a entender los compromisos de la interpretación y confrontar los problemas de información faltante o confusa.

En el mapa interpretado, los símbolos cartográficos se dibujan encima de la imagen de satélite, y son transparentes. Además, las unidades se presentan con colores y símbolos poco distintos para llamar atención a lo que en el mapeo todavía queda como preliminar. También se presentan algunos mapas temáticos a una escala menos precisa, y otros detalles que ayudan a entender el mapeo.

De esta manera, esperamos alcanzar tres ventajas importantes: (1) el mapa interpretado presenta nuestra concepción de la zona, y puede ser utilizado como tal tanto por expertos como por usuarios sin experiencia de imágenes de satélite o de

la zona; (2) todos los usuarios del mapa notarán fácilmente que las unidades distinguidas no son internamente homogéneas, ni separadas por límites absolutos; y (3) los especialistas pueden comparar la imagen de satélite original con el mapa interpretado para evaluar si están de acuerdo con nuestras interpretaciones o no.

En resumen: queremos presentar el Mapa geoecológico de una manera tan transparente como sea posible, y llamar la atención a la necesidad de aumentar el conocimiento más preciso de la zona con trabajos de campo.

## UNIDADES GEOECOLÓGICAS IDENTIFICADAS

### ÁREAS INUNDABLES

#### Complejo de orillales del río Amazonas

Esta área (número 1 en el Mapa geoecológico, también incluye barras y playas inundables que se ven violetas en la imagen no interpretada) es estructuralmente muy heterogénea con marcas obvias de cambios del cauce de los ríos Amazonas, Marañón y Ucayali, y con secuencias de restingas elevadas, pantanos, caños, quebradas y cochas (Encarnación 1985, Tuukki *et al.* 1995, Jokinen *et al.* 1996, Capítulo 6). Las cochas están en el proceso de llenarse por sedimentos transportados anualmente por las inundaciones, y van a ser gradualmente cubiertas por vegetación. Tanto el terreno como la vegetación en los meandros y las islas fluviales están compuestos por zonas de diferentes edades. Abunda la vegetación joven sucesional especialmente en las cercanías de las orillas del río. Siendo una zona con multitud de variaciones a pequeña escala, el complejo de orillales es una zona muy especial. El mismo tipo de dinámica existe también a lo largo de los otros ríos en el mapa, pero a una escala menor, y no hemos tratado de cartografiar complejos de orillales en los ríos menores.

El río Amazonas está transportando sedimentos que son relativamente ricos en nutrientes y, por lo tanto, el área tiene en principio bastante potencialidad para la agricultura, agroforestería y silvicultura. Sin embargo, las inundaciones turbulentas, la sedimentación y los cambios continuos en el cauce del río causan disturbios frecuentes en la vegetación natural e igualmente afectan las áreas manejadas. Aunque hemos concentrado el presente estudio principalmente a los áreas no inundables, pensamos que el llano aluvial del río Amazonas puede ser desarrollado hacia un uso económicamente rentable y ecológicamente sostenible.

Esta unidad está representada en el mapa por la coloración gris, y estimamos que la unidad ocupa el 16,6 % del área total del ámbito en estudio.



## Llanura de desborde del río Amazonas

### Bosques y pantanos

En la llanura de desborde (sinónimo cuenca inundable; número 2 en el Mapa geoecológico) fuera de la actividad reciente de migraciones del río Amazonas, las aguas en la época de creciente tienen menos velocidad y fuerza que en el área del complejo de orillales. Asimismo, la acumulación de sedimentos es más lenta y los sedimentos se constituyen de partículas finas, principalmente de arcilla. En la imagen de satélite la llanura de inundación aparece relativamente suave en su estructura y coloración, porque los orillales anteriores del río Amazonas han sido cubiertos por sedimentación fina (ver el Capítulo 6). También el tipo de los bosques, tanto su estructura general como en su composición florística, varía muy a menudo de manera gradual según los niveles diferentes de drenaje.

En el Mapa geoecológico hemos identificado la llanura de inundación como una unidad aunque sea internamente heterogénea, especialmente según las condiciones de drenaje. En la imagen de satélite aparecen varias manchas de coloración diferente que indican diferencias en la vegetación. Los pantanos sin vegetación arbórea ("gramalotal") ocupan lugares de muy mal drenaje, mientras que los pungales (caracterizados por la punga, *Pseudobombax munguba*), renacales (caracterizados por *Ficus* spp.) y otros tipos de vegetación boscosa ocupan otras partes de este ambiente. A veces abundan las palmeras, especialmente el aguaje (*Mauritia flexuosa*), y estas áreas asemejan bastante a las zonas de aguajales puros.

Esta unidad está representada en el mapa con la coloración rosa y estimamos que la unidad ocupa el 3,0 % del área total del ámbito en estudio.

### Aguajal

La dominancia casi completa de aguaje es lo que caracteriza los aguajales (número 3 en el Mapa geoecológico). Esta dominancia hace que la estructura de la vegetación sea muy especial, y los aguajales pueden distinguirse muy fácilmente en las imágenes de satélite. Los aguajales puros, aparecen con colores verde claro en la imagen no interpretada de Landsat TM, y hacia los márgenes del aguajal la coloración característica gradualmente desaparece. Al estudiar la coloración en la imagen de satélite, los límites entre aguajal y otros tipos de vegetación aparecen muy suaves en la zona inundada, pero pueden ser abruptos en los lugares donde sube el nivel del terreno, así como en el margen de las terrazas.

Los aguajales ocupan grandes extensiones en la llanura de inundación del río Amazonas, pero siempre fuera de la actividad más fuerte del cauce del río. En los aguajales hay típicamente mucho material orgánico en el suelo (la profundidad de la turba puede ser de varios metros) y aunque las inundaciones más altas del río llegan allí, entran relativamente pocos sedimentos fluviales. Los aguajales producen frutas de aguaje, y es muy importante cosecharlos de una manera que no destruya los árboles, para asegurar la producción en el futuro.

Los aguajales existen también en las cercanías del río Nanay y del río Itaya, y además en depresiones mal drenadas de tierra firme (aguajal de altura, Encarnación 1985). La última categoría ocupa áreas tan pequeñas que en la escala de este mapa no fue posible distinguirlas.

El área ocupada por aguajales en el mapa, es aproximadamente de 8,0 % del área total del ámbito estudiado.

#### *Planicie de inundación de río Nanay*

La planicie de inundación del río Nanay (número 4 en el Mapa geoecológico) es muy distinta al río Amazonas. Las aguas son más negras (son ricas en material húmico, pobres en sedimentos de suspensión) que las de cualquier otro río de la zona. También las playas son muy especiales, formadas principalmente por arena blanca, y también la dinámica de los cambios del cauce del río Nanay es mucho más lenta que la misma del río Amazonas.

Todas estas características hacen que la planicie de inundación del río Nanay sea muy distinta en términos ambientales e igualmente que la vegetación está conformada en su mayoría por diferentes especies. Por estas razones tratamos este ambiente como una unidad propia. En varias localidades a lo largo del río Nanay se pueden observar depósitos de terrazas a pequeña escala.

Esta unidad está representada en el mapa con el color violeta, y ocupa aproximadamente el 2,2 % del área total del ámbito en estudio.

#### *Planicies de inundación de ríos pequeños*

Las planicies de inundación de los tributarios más pequeños del río Amazonas (Itaya, Maniti, Momón y Tamshiyacu; número 5 en el Mapa geoecológico), están caracterizadas por aguas algo intermedias entre las de Nanay y del Amazonas, patrones de inundación que dependen del régimen de precipitación en la zona de captación, y una migración del canal muy restringida. Por estas razones, los ecosistemas a lo largo de estos ríos presentan características diferentes de los antes descritos. Sin embargo esta unidad tiene una muy pequeña dimensión en el área de estudio y no han sido tratados en mayor detalle en el presente estudio.

Esta unidad en el mapa está representado por la coloración azul, y ocupa el 2,2 % del área total del ámbito en estudio.

## **AREAS DE TIERRA FIRME**

### **Terraza no inundable**

En el lado oriental del río Amazonas, se nota la presencia de una terraza de aproximadamente 5-15 km de ancho, que corre paralelamente a la llanura de inundación (número 6 en el Mapa geoecológico). El plano de la terraza está elevado a aproximadamente 10 metros sobre el nivel máximo del río. Geológicamente los se-

dimentos de esta unidad representan las edades más jóvenes, probablemente de la época del Pleistoceno. La topografía en esta unidad es generalmente plana, disecada por pequeños valles de quebradas y ríos. Esta característica es también una indicación de la menor edad, en comparación a las otras unidades de tierra firme. Los suelos son pobres y muchas veces francos o franco-limosos. La flora de terrazas parece algo distinta, aunque tiene semejanza con las otras unidades con suelos pobres.

Mayormente esta terraza es relativamente fácil de distinguir en la imagen de satélite, pero en las cercanías de Tamshiyacu la deforestación dificulta la identificación de su límite. Según las observaciones de campo, los sitios estudiados de Santa Ana y Magdalena no representan una terraza. En el sur del área de estudio, es también difícil definir el límite entre la llanura de inundación del río Amazonas y la terraza. También la ciudad de Iquitos está ubicada sobre un conjunto de superficies planas, que probablemente representan terrazas.

Dentro de la terraza se puede observar bastante variación en la coloración de la imagen de satélite. Sin embargo, no se conoce con seguridad el significado concreto de la mayor parte de estos patrones. Sólo podemos indicar que las manchas oscuras relativamente grandes que aparecen al noreste del poblado de Tamshiyacu son aparentemente áreas con mal drenaje y vegetación arbórea pantanosa casi sin agua. Es obvio que falta verificación más extensa de campo.

En la imagen de satélite aparecen algunas otras terrazas al lado de los ríos Nanay, Momón e Itaya. Pero en la escala del mapa sólo fue posible mapearlos en la parte alledaña al río Nanay (ver también Figura 4.32 en el Capítulo 4).

Esta unidad en el mapa está representado por el color gris oscuro, y ocupa aproximadamente el 11,5 % del área total del ámbito en estudio.

### **Paisaje disectado de tipo Nauta**

Esta unidad (número 7 en el Mapa geoecológico) ocupa el área al noroeste de la ciudad de Nauta, y tiene varias características que lo distinguen de los alrededores. Geológicamente el área está caracterizada por sedimentos superficiales de arenitas de grano más grueso con estratificación sesgada, interestratificadas con capas de lodolita rojiza masiva (Capítulos 4 y 12). Según el mapa tentativo de geología (Figura 4.30 en el Capítulo 4), la formación geológica dominante en esta región es la Unidad canalizada de Nauta (Unidad C), estando también presente la Unidad canalizada de Porvenir (Unidad B). Los suelos son pobres en nutrientes (Capítulo 5) y la topografía es más accidentada que en otras partes de la zona (ver la Figura 4.31 en el Capítulo 4) y también en términos de la composición florística esta área aparece distinta (Capítulo 7).

Además, hemos distinguido cuatro áreas más pequeñas de esta unidad, una entre el río Itaya y el río Amazonas y tres al norte del río Itaya, que probablemente pertenecen al mismo tipo del ambiente. Tenemos observaciones de campo solamente del área más cercana a río Amazonas y según esas la afinidad florística y pedológica con el área al norte de Nauta es relativamente fuerte. Las otras tres áreas tentativamente incluidas en esta unidad, no fueron visitadas en el campo. Sin



embargo, su apariencia en las imágenes de satélite sugiere, que estas áreas son parecidas a la que se encuentra al norte de Nauta. También la topografía parece más accidentada dentro de estas tres áreas que en sus alrededores.

Esta unidad en el mapa está representado por el color verde gris, y ocupa aproximadamente el 4,6 % del área total del ámbito en estudio.

### **Las arenas blancas de Iquitos**

La vegetación en las manchas de arena cuarzítica blanca (número 8 en el Mapa geoecológico) es muy especial, por tener una estructura y composición florística única (varillal seco, varillal húmedo, chamizal, Encarnación 1985, Ruokolainen & Tuomisto 1993). Esta situación se produce porque estos suelos son muy pobres en nutrientes y así forman un substrato fundamentalmente diferente a los más comunes tipos de suelo en la zona. Las áreas de arena blanca típicamente se encuentran encima de colinas, como manchas que tienen una superficie de solo algunos kilómetros cuadrados. Las características y teorías sobre el origen de esta formación se presentan ampliamente en el presente libro (Capítulos 4, 5 y 12).

Las unidades de arena blanca aparecen en la imagen de Landsat TM no interpretada como manchas muy oscuras de color verde. Son fácilmente reconocidas, y concentradas entre el río Nanay y la carretera Iquitos-Nauta. Dentro de estas manchas se puede observar, a veces, partes de coloración más clara que corresponde a chamizal, vegetación baja y densa en arena blanca. Parece que el varillal húmedo tiene color más oscuro en la imagen que el varillal seco, pero todavía falta verificarlo en detalle.

Este ambiente es muy frágil, y la vegetación contiene especies de plantas y animales que no ocurren en otras partes de la zona (Capítulo 7). Además, las áreas caracterizadas por arena blanca tienen una muy baja potencialidad para la producción de cualquier producto agrícola. Algunas manchas de arena blanca han sido utilizadas intensivamente como minas de arena para la construcción de edificios y carreteras (Figura 2.2 en el Capítulo 2). También muchos centros poblados por la carretera, a partir de Iquitos, han sido establecidos en las manchas de arena blanca. Las demás manchas de esta formación, que aun existen en su estado natural, son importantes unidades para la conservación de estos ecosistemas.

Esta unidad en el mapa ocupa el 0,9 % del área total del ámbito en estudio.

### **Mosaico de arenas blancas, suelos francos y suelos arcillosos**

Esta unidad (número 9 en el Mapa geoecológico) se encuentra en los alrededores de las manchas de arena blanca. Se caracteriza por un ambiente bastante heterogéneo, que contiene elementos de varios tipos del ambiente reconocidos aquí. En posiciones bajas de la topografía, se encuentran frecuentemente suelos arcillosos que muy a menudo corresponden geológicamente a la Formación Pebas, y tienen una flora típica de esta formación. En partes un poco más elevadas, normalmente existen suelos arenosos que contienen algo más de arcilla y de nutrientes que la arena blanca, pero probablemente tienen la misma historia geológica fluvial como esta.

También se encuentran manchas pequeñas de arena blanca. En sumario, esta unidad se caracteriza por presentar un mosaico impresionante de tipos diferentes de suelo y de vegetación, que refleja tanto el complejo de formaciones geológicas como los procesos diferentes de formación de suelo.

Mayormente la variación se presenta en escala tan pequeña, que no es posible de cartografiar sus detalles en el presente mapa. En esta circunstancia, se ha tratado de delinear como una unidad, el área donde se encuentra este mosaico de ambientes. Sin embargo, en cualquier aporte de zonificación ecológica para planificación del uso de la tierra, es necesario realizar estudios mucho más detallados. Por ser una región mundialmente conocida por su abundante variación entre tipos de suelo y ecosistemas diferentes (por ejemplo Gentry 1988, Tuomisto & Ruokolainen 1994), este mosaico tiene un valor especial desde el punto de vista científico, protección del ambiente y ecoturismo. Por lo tanto, existe una buena razón para soportar la propuesta de área protegida Allpahuayo, que justamente se localiza dentro de este mosaico.

Esta unidad en el mapa se representa con el color pardo claro, y ocupa el 3,2 % del área total del ámbito en estudio.

### **Paisaje ondulado de suelos arcillosos**

Esta unidad (número 10 en el Mapa geoecológico) está geológicamente caracterizada por la presencia de la Formación Pebas en la superficie, aunque en el sur domina la Unidad canalizada de Porvenir (Unidad B, ver los Capítulos 4 y 12). La topografía es normalmente suave con colinas hasta 20 m de altura. En esta unidad, los suelos son generalmente arcillosos, y donde se encuentra la Formación Pebas contienen cantidades considerables de fósiles calcáreos. En los depósitos de la Formación Pebas también se encuentran arcillas orgánicas y lignitos. Los suelos desarrollados en los estratos arcillosos y /o ligníticos de la Formación Pebas tienden a ser muy superficiales. La flora en áreas caracterizadas por presencia de Formación Pebas es bien distinta a los demás tipos del ambiente en el ámbito de estudio. En el sur donde predomina la Unidad B la flora tiene algo más semejanza a las áreas más limosas y pobres en nutrientes (ver la Figura 7.8 en el Capítulo 7).

La interpretación geológica de la zona indica que la Formación Pebas en la dirección sudoeste, por inclinación de sus capas sedimentarias, presenta edades cada vez menos antiguas (ver la Figura 4.35 en el Capítulo 4). Según las observaciones de campo, esta gradiente está asociada con el cambio hacia suelos más pobres y flora más parecida a la que se encuentra en las colinas de Nauta. Esto sugiere que dentro de esta unidad, existen mayores variaciones ambientales que reflejan diferencias en propiedades de los sedimentos no alterados (que todavía mantienen sus propiedades originales), tanto dentro de la Formación Pebas como cerca de su límite con la Unidad B. Otros factores que causan diferenciación edáfica dentro de esta unidad, incluyen tipos diferentes del relieve y drenaje, y el tiempo variable que estos depósitos han quedado expuestos a meteorización ambiental. Algunos de estos límites posiblemente aparecen de una manera muy frágil en la imagen Landsat TM, y así hemos marcado unos "límites geoecológicos no afirmados" en el mapa interpretado. Consideramos que el Paisaje ondulado con suelos arcillosos es



un ambiente que tiene que ser estudiado en mayor detalle para entender su variación interna.

#### *Lado occidental del río Amazonas*

En la imagen de satélite, en el lado occidental del río Amazonas se ha podido ver que los colores de la imagen de satélite (o el espectro de reflectancia de la radiación) corresponden muy bien a las características ambientales (Capítulo 7). Las arenitas de Iquitos (manchas de arena blanca) tienen los suelos más pobres de la zona con su flora bien distinta y color bien oscuro en la imagen. Cuando se mueve a zonas con suelos un poco menos pobres, el color cambia a un color ligeramente más claro; y finalmente el color más claro de todos se encuentra en las áreas de bosque sobre la formación Pebas, con suelos más ricos que en otras partes de la zona.

Parece que hasta dentro de esta unidad del paisaje, la oscuridad en la imagen de satélite indica suelos más pobres. Siguiendo esta lógica hemos indicado con líneas ligeras algunas partes donde asumimos que puede haber cambios en las características ambientales dentro de esta unidad. Tales zonas se pueden ver por lo menos al norte de río Nanay y al este del río Momón. También al sur del poblado Ex Petroleros existe un cambio del mismo tipo, que puede ser relacionado con la tendencia que geológicamente la superficie se pone gradualmente más y más joven hacia el sudoeste. En el mapa geológico, eso ha sido identificado como la Unidad canalizada de Porvenir (Unidad B, ver los Capítulos 4 y 12). En todos estos lugares, son necesarios estudios adicionales de campo para verificar los detalles de estos posibles cambios.

En el mapa, éste espacio está representado por el color verde claro, y ocupa aproximadamente el 22,2 % del área total del ámbito en estudio.

#### *Lado oriental del río Amazonas*

Según los estudios de geología en el lado oriental del río Amazonas, los sedimentos de la Formación Pebas se encuentran en la superficie. Posiblemente es una capa de la Formación Pebas diferente a la que ocurre en el lado occidental del río Amazonas, o puede ser que su grado de meteorización es diferente. Sin embargo en esta unidad se han hecho muy pocas observaciones de campo, y las pocas que existen son parcialmente contradictorias.

La correlación general que observamos en el lado occidental entre el color de la imagen y el contenido de nutrientes en los suelos sugiere que en el lado oriental los bosques deben de tener características intermedias entre los bosques que crecen en áreas caracterizado por la formación Pebas y en paisaje disectado del tipo Nauta (Unidad C). Según nuestros estudios de la vegetación, en el caso de Santa Ana esta predicción se ajusta bastante bien. También Magdalena parece seguir la regla, aunque en Magdalena no hemos podido hacer más que observaciones cualitativas en algunas pocas manchas de bosque intervenido. Sin embargo, Libertad Agraria km8, y 7 de Julio representan tanto en sus características geológicas, pedológicas como florísticas una afinidad muy obvia al paisaje sobre la Formación Pebas, aun-



que la coloración de la imagen de satélite no lo sugiere. Por eso, la evidencia del trabajo de campo parece contradictoria.

A la espera de más observaciones de campo, consideramos importante mantener esta unidad aparte de las otras, principalmente por su reflectancia de la radiación bien distinta, que se mantiene en todas las imágenes de satélite que hemos visto de esta región. Dentro de esta unidad, estamos además separando tentativamente algunas áreas con propiedades diferentes en la imagen de satélite, aunque no han sido averiguados en el campo. Geomorfológicamente estas áreas corresponden más o menos a las áreas alrededor de las líneas divisorias de las aguas.

En el mapa, éste espacio está representado por el color verde oscuro, y ocupa aproximadamente el 25,7 % del área total del ámbito en estudio.

## CONCLUSIONES

El Mapa Geoecológico de la zona de Iquitos, debe ser considerado como un aporte científico preliminar para reconocer las mayores variaciones ambientales en la zona de estudio a escala regional. Aunque está basado en estudios científicos intensivos y multidisciplinarios de tres años, consideramos que todavía queda mucha variación que no hemos podido identificar por falta de información de campo. Sin embargo, la información generada ha incrementado el nivel de comprensión científica general de la región. Se constata, que no sólo el ambiente inundable a lo largo de los ríos es variable, sino también las áreas no inundables varían considerablemente en los términos geológicos, geomorfológicos, pedológicos y florísticos, y así presentan potencialidades diferentes para el uso de la tierra.



# PARTE 5

## ORIENTACIONES PARA EL DESARROLLO REGIONAL







# CAPÍTULO 12

## HETEROGENEIDAD EDÁFICA DE LA ZONA DE IQUITOS: ORIGEN Y COMPRENSIÓN DE SUS PROPIEDADES

Ari Linna, Georg Irion, Sjef Kauffman, Frank Wesselingh y Risto Kalliola

---

### RESUMEN

Las razones detrás de la heterogeneidad de los suelos y la vegetación en la zona de Iquitos se puede entender mucho mejor, al combinar la información de diferentes disciplinas científicas. La composición mineralógica, la textura y las estructuras primarias del material original así como los procesos locales formadores de suelos, determinan las propiedades edáficas que afectan la distribución y la diversidad de las plantas. Por presentar varios procesos y formaciones geológicas diferentes, la zona de Iquitos alberga suelos con una variedad de potenciales edáficos, y su distribución general puede ser inferida, basándose en un estudio geológico y pedológico apropiado. Las unidades geológicas expuestas en la zona de Iquitos pueden ser divididas en dos grupos: (1) formaciones del Mioceno con origen en zonas lacustres y perimarinas y (2) depósitos fluviales arenosos del Mioceno Tardío - Cuaternario. La mineralogía de arcillas de las diferentes formaciones muestra una extrema variación, desde las arcillas ricas en esmectita en la Formación Pebas hasta las arcillas caolíníticas. La mineralogía de las arcillas, junto con la evolución de la meteorización en ellas, determinan las condiciones edáficas actuales. Los suelos desarrollados sobre los depósitos de la Formación Pebas pueden ser en general comparativamente fértiles, mientras que los suelos desarrollados en capas más recientes arenosas tienden a ser extremadamente pobres en nutrientes. Se discute acerca de la génesis de esta variación

### INTRODUCCIÓN

El área de Iquitos alberga una gran variedad de tipos diferentes de suelos, los cuales fueron desarrollados en depósitos sedimentarios. La meteorización, que actuó sobre estas unidades geológicas, es notable especialmente cerca a la superficie

*En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114: 461-480.*

dónde las influencias de la atmósfera y del agua subterránea (lixiviación) son más intensas. Así la formación de cualquier unidad de suelo, y comprensión de sus propiedades, depende de las propiedades del sedimento original y su evolución en procesos post-depositacionales.

La distribución de los suelos y sus características edáficas tienen inmensas implicaciones para el crecimiento de las plantas. Algunas especies de plantas son generes, presentándose en un amplio rango de hábitats. Otras especies están restringidas solamente a ciertas condiciones edáficas, y las variaciones originadas por diferencias en las propiedades de los suelos pueden ser "óptimas", "tolerables", "perturbadoras" o "insoportables". Por ejemplo, se ha demostrado que varias especies de plantas son sensitivas a la presencia de aluminio disuelto, otras requieren concentraciones altas de calcio extractable, y otras requieren una textura de suelos bastante específica. El control edáfico sobre la distribución de las especies de plantas, tanto a las especies de plantas naturales como a las especies de plantas agrícolas, y como resultado el entendimiento de la heterogeneidad edáfica es importante para la evaluación de la diversidad y para las investigaciones del uso de la tierra.

El presente capítulo estudia los suelos de la región de Iquitos de una manera concisa, con el propósito de resaltar el entendimiento multidisciplinario de las propiedades de las localidades edáficas. Podría ser confuso para un observador con poca experiencia, el darse cuenta que los estudios de suelos pueden incluir observaciones y mediciones variadas dependiendo del método científico empleado. Sean las metodologías del geólogo, pedólogo, botánico o del agrónomo, aquella que proporcione el conocimiento más útil dependerá de las necesidades de la información en una situación dada. Frecuentemente, es necesario emplear los puntos de vista de diferentes disciplinas en un estudio individual, especialmente en estudios que serán la base para el planeamiento del uso de la tierra.

Las siguientes descripciones están estrechamente ligadas con los otros capítulos de este libro, especialmente con los de Geología (Capítulo 4), Suelos (Capítulos 5 y 6) y Botánica (Capítulo 7). Se recomienda al lector que consulte aquellas fuentes para mayores detalles acerca de estas diferentes disciplinas.

## PRINCIPIOS BÁSICOS

### ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS EN LA ZONA DE IQUITOS

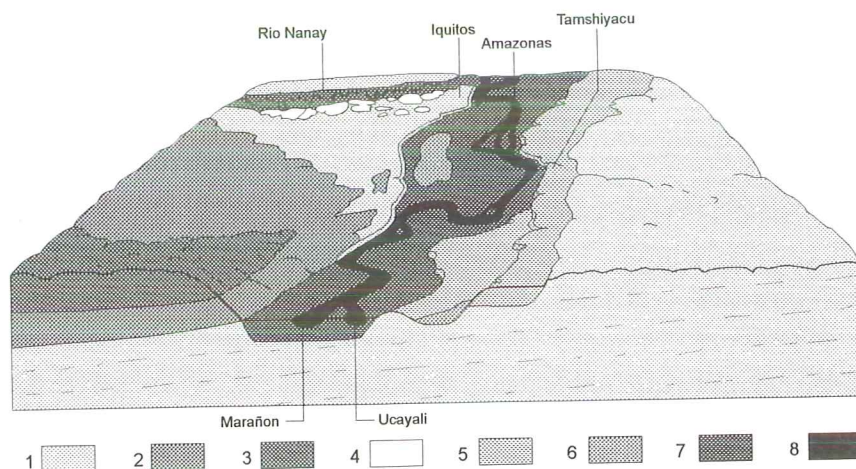
La estratigrafía y las estructuras de sedimentación original determinan mucho de las propiedades de los suelos en Iquitos. Estas características pueden ser observado en los perfiles verticales del suelo, por ejemplo en afloramientos en los márgenes de ríos, y como variación espacial en el tipo de los suelos superficiales entre lugares diferentes (Figura 12.1, ver también Figura 4.35 del Capítulo 4).

La unidad sedimentaria más antigua que aflora en la región de Iquitos es la Formación Pebas (Figura 12.2). Por ser expuesta a condiciones del suelo superficial relativamente poco tiempo, en escala geológica, estos sedimentos de textura fina



pueden mantener características poco alteradas. La Formación Pebas consiste principalmente de arcillas esmectíticas, frecuentemente con conchas fosilizadas, arenas de grano fino inmaduras (poca meteorizadas) y horizontes de lignito negruzco generados a partir de restos de plantas fosilizadas. En los depósitos de la Formación Pebas también se pueden encontrar concreciones de carbonatos, cristales de yeso y/o pirita.

La Formación Pebas está presente en todas partes del área de estudio. En algunos márgenes de ríos se encuentra afloramientos que presentan claramente su estructura original. En la mayoría de localidades, está cubierta por formaciones sedimentarias más jóvenes de origen fluvial (Figura 12.1, ver también Figura 5.1 en el Capítulo 5). Estos depósitos sobreyacentes son algo arenosos y aparecen frecuentemente como ciclos granodecrecientes hacia arriba (ver el Capítulo 4). Así, las unidades fluviales pueden ser cubiertas por una capa superior arcillosa, sobreyaciendo abruptamente material arenoso o limoso, depositados por las aguas de inundación. Por ejemplo los afloramientos en las terrazas Pleistocénicas en la ribera sur del río Nanay muestran un cambio abrupto entre las capas de arena abajo y las de arcilla encima, representando, respectivamente, deposición antigua aluvial en el complejo de orillales y en la llanura de desborde (ver la Figura 6.2 en el Capítulo 6).



**Figura 12.1.** Estratigrafía generalizada de la región de Iquitos en una vista oblicua desde la confluencia (al fondo) de los ríos Marañón y Ucayali hacia Iquitos (en el tope), con un perfil mostrando algunas de las principales unidades geológicas en el primer plano. 1=Formación Pebas; 2=Unidad B; 3=Unidad C; 4=Unidad las arenitas de Iquitos; 5=terrazas fluviales; 6 y 7=planicie de inundación y llanura meándrica, 8=cauce del río. (ver también Fig. 4.35)



**Figura 12.2.** Estratificación deposicional en el afloramiento cerca al km 40,5 en la carretera Iquitos-Nauta. En la parte inferior los depósitos de la Formación Pebas están expuestos, cubiertos por depósitos de la Unidad B. Aproximadamente un metro sobre la superficie de la carretera se observa un horizonte oscuro enriquecido en lignito. (Foto: Linna)

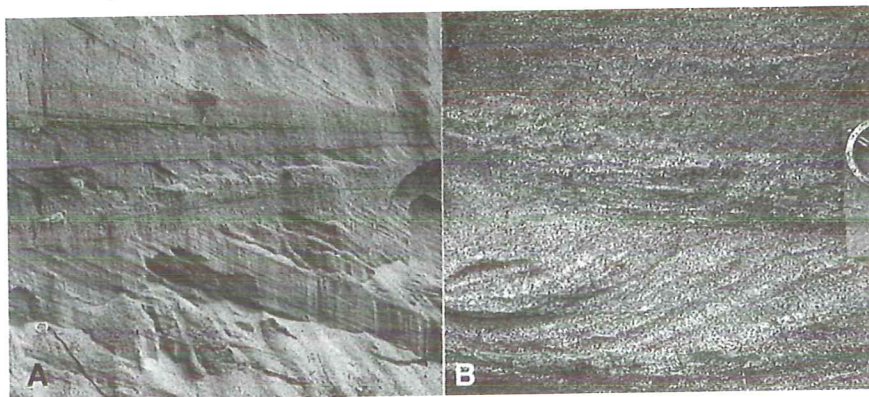
El examen de los ambientes de depositación moderno podría ayudar a identificar e interpretar los ciclos fluviales antiguos que ahora se encuentran en tierra firme (Figura 12.3). Las formaciones arenosas de las barras meándricas están formadas en los canales fluviales y están caracterizados por la estratificación sesgada (Figura 12.3A). Este rasgo característico puede ser bien preservado en los sedimentos aluviales antiguos (Figura 12.3B). En algunos afloramientos a lo largo de la carretera Iquitos-Nauta, estas estructuras pueden ser reconocidas, indicando el origen fluvial de las unidades geológicas que representan.

## **LAS CAPAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS**

Los sedimentos en las diferentes estructuras geológicas fueron depositados originalmente en ambientes lacustrinos poco profundos con influencia marina periódica, en ambientes estuarinos o en llanuras de inundación fluvial. En relación con el levantamiento de la Cordillera de los Andes, el área de Iquitos ha dispuesto un levantamiento bastante lento desde hace unos ocho millones de años. Esto ha ocasionado que sedimentos de antiguas estructuras depositacionales, edades y orígenes (de diferentes formaciones geológicas) quedaron expuestos a la lixiviación y meteorización en condiciones de suelo superficial. Para ser capaces de entender las condiciones del suelo en un sistema tan variado como éste, se debe tomar en consideración tanto a la naturaleza del material original de diferentes formaciones geológicas como a los procesos formadores de los suelos. La meteorización química y otros



procesos formadores de suelos son más pronunciados cerca a la superficie y decrecen con la profundidad.



**Figura 12.3.** Estratificación sesgada, evidencia de influencia fluvial, en depósitos modernos y antiguos. A. Sedimentos recientes del río Amazonas. B. Sedimentos de la Unidad C en un afloramiento cerca de Nauta. (Fotos: Linna)

Por ejemplo, en algunos lugares en los alrededores de Iquitos los suelos arenosos cubren las capas de arcillas. Esta situación podría ser el resultado de una variedad de procesos, por ejemplo (1) reflejar a los depósitos fluviales sobreyaciendo a los depósitos de la Formación Pebas, o (2) resultar a partir de los depósitos de las barras meándricas de un ciclo fluvial sobreyaciendo depósitos de inundación de un ciclo fluvial previo, o (3) a partir de la acumulación de minerales de arcillas secundarios en un horizonte B iluvial. Para la última alternativa, es necesario entender algo de la formación de las capas secundarias.

El hacer una comparación con la vida humana podría ser de gran ayuda. Un niño recién nacido presenta información genética heredada de sus padres, pero un gran número de otros factores contribuirán también en las etapas posteriores de la vida – desde el envejecimiento psicológico hasta nuestros únicos destinos en la vida. Análogamente a este desarrollo, los suelos que representan diferentes materiales originales (génesis geológica) tienden a desarrollarse en forma diferente. Las propiedades inherentes son muy importantes en las primeras etapas del desarrollo del suelo, pero con el tiempo los procesos externos cambiarán el “cuerpo del suelo”, los procesos que llaman meteorización y lixiviación. Gradualmente, la marca original será menos importante y las propiedades del suelo desarrolladas *in situ* serán las dominantes. En los suelos profundamente meteorizados las capas sedimentarias primarias pueden no ser visibles o pueden ser difíciles de distinguir de los horizontes posteriormente formados en los suelos.

Bajo el clima húmedo y cálido de la Amazonía, los procesos que inducen a este tipo de cambios son especialmente rápidos. En particular, la meteorización química, la lixiviación y el transporte de materiales en el agua de los suelos (eluviación e iluviación) y el balance de oxidación y reducción causan la formación de una estratificación secundaria en los suelos, especialmente en la capa superior (Figura 12.4).



Los nuevos horizontes tienden a formarse perpendicular a la dirección de los flujos de las aguas de los suelos, siendo comúnmente horizontales (Figura 12.5A), y en las pendientes de las colinas, inclinados. La fijación de las raíces y la bioturbación de los animales puede resultar en una homogeneización e incluso llegan a enmascarar las capas del suelo (Figura 12.5B). Un perfil típico del suelo en nuestra área de estudio presenta hacia el tope una capa delgada parda de restos orgánicos sobreyaciendo un suelo mineral que a su vez sobreyacen unas capas de suelo mineral con coloraciones más brillantes.

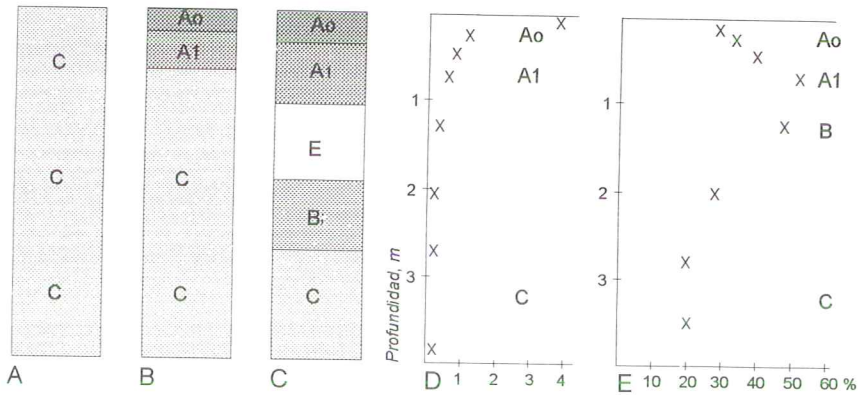


Figura 12.4. Ejemplos de la formación de suelos. A, B y C. Esquema del desarrollo de los horizontes de suelos en un material parental originalmente homogéneo. D. Material orgánico en las muestras de suelos a diferentes profundidades en Tarapoto (Formación Pebas). E. El contenido de arcilla (acción < 2 μm) en las mismas muestras de suelos. Símbolos: A₀=capa orgánica; A₁=mezcla de material orgánico y partículas minerales; E=zona de eluviación; B=zona de iluviación; C=material parental no alterado.

Los procesos formadores de suelo *in situ* son complejos y dinámicos y poseen varios detalles en conexión con las condiciones locales (ver el Capítulo 5). Por ejemplo, las capas arcillosas y horizontes espódicos en el suelo podrían limitar lixiviación en las partes superiores de un suelo y al mismo tiempo proteger las capas infrayacentes de la meteorización química. En ciertos casos la acumulación de arcillas como presentado en la Figura 12.4. puede ser difíciles de distinguir de depósitos originalmente arcillosos. En Nauta, los depósitos arenosos de mareas y los depósitos fluviales de las Unidades B y C (ver la Figura 12.1) contienen frecuentemente capas enriquecidas en arcilla hacia el tope. En base a los análisis de mineralogía de arcillas, esta estratificación se interpreta como el resultado de la meteorización de las arenas más superiores.



**Figura 12.5.** Perfiles de suelos diferentes en la región de Iquitos. **A.** Suelo limo arcilloso de coloración rojiza sin estratificación claramente visible. **B.** Capas de suelos sorprendentemente claros en un suelo de arenas blancas fuertemente lixiviada cerca a Peñanegra. (Fotos: Kalliola)

## **GEOLOGÍA COMO BASE DE LA HETEROGENEIDAD EDÁFICA**

Las minerales originales de los sedimentos, o partículas de la roca parental, pueden ser encontrados especialmente en la fracción arena del suelo. Estos minerales están rara vez en equilibrio con su ambiente alrededor porque sus minerales fueron originalmente cristalizados en condiciones diferentes (temperatura y presiones altas). A través del proceso de meteorización, los constituyentes inestables de la roca parental se transforman gradualmente a minerales secundarios más estables. Estos minerales de arcilla secundaria, formados durante las reacciones de la meteorización química, podrían alcanzar un equilibrio con su entorno.

Los minerales originales se meteorizan en cierto orden, el cual es opuesto al orden original de la cristalización del magma fundido (Figura 12.6). La estabilidad variada de los diversos minerales (es decir, su resistencia a la meteorización), hace posible el estimar el nivel relativo de la alteración de suelos. Este fenómeno caracteriza perfiles verticales del suelo (normalmente el suelo superior está los más alterado), y asimismo el nivel de alteración también varía geográficamente.



Figura 12.6. Series de la estabilidad de los minerales formadores de rocas más comunes (Goldich 1938). Se muestra el avance intensivo de la meteorización para dos tipos diferentes de roca parental (máfica o felcica) que generan litologías de cuarzo residual. El olivino y el feldespato cálcico (plagioclase) son los minerales menos resistentes a la meteorización, y el cuarzo es el más resistente.

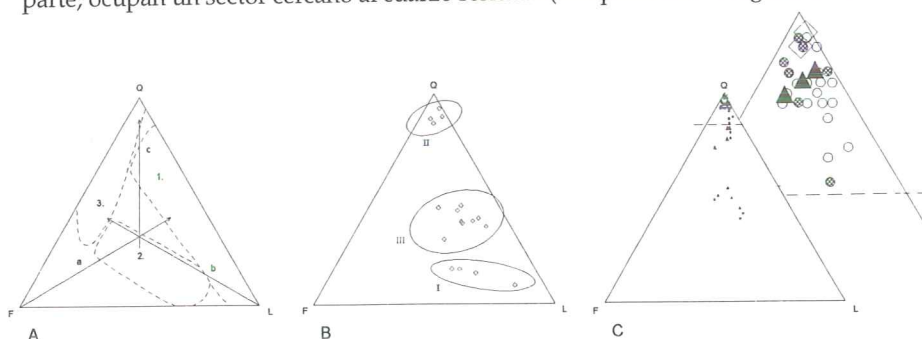
Existen tres fuentes sedimentarias principales para los depósitos del Cenozoico en la Amazonía Occidental, dos de las cuales tienen origen en los Andes:

- **Fuente I: Áreas de los Escudos.** Hoorn (1995) describe arenitas cuarzosas pobres en nutrientes procedentes de la Amazonía colombiana (Unidad las Arenas de Mariname, Unidad las Arenas de Apoporis). Estas unidades contienen depósitos fluviales que drenaron el Escudo de Guyana hacia el Este durante el Eo-Mioceno. Este tipo de depósitos se desliza por debajo de la Formación Pebas en el área oriental de Iquitos. Se desconoce el límite occidental de la distribución de estas arenas. En la región de Iquitos, éstas obviamente no están presentes.
- **Fuente II: Complejo del lago Pebas.** Durante grandes períodos del Mioceno (hace 6 a 23 millones de años), la Amazonía Occidental estaba cubierta por un enorme complejo dinámico de lagos y pantanos, con incursiones marinas ocasionales (ver el Capítulo 4). En el área de Iquitos unos 300-400 metros de sedimentos fueron depositados durante este tiempo. Los sedimentos de la Formación Pebas, infrayacen o están expuestas en todas partes de la superficie de tierra firme en el ámbito de estudio. Estos sedimentos muestran un rango de variación composicional; en particular las arcillas (típicamente ricas en esmectita), están comparativamente enriquecidas en nutrientes.
- **Fuente III: Los Andes.** Desde el Neo-Mioceno, las unidades fluviales fueron depositadas en el área de Iquitos, principalmente en ríos que drenan los Andes, o que drenan las áreas bajas cubiertas por sedimentos andinos. La meteorización post-depositacional, de los depósitos bien drenados, ricos en arenas feldespáticas, resultaron en la formación de arcillas caoliníticas. En algunas partes, el reciclaje a través de sucesivos procesos de meteorización, erosión y rede-



posición por los ríos de las zonas bajas, ha resultado en concentraciones locales de cuarzo residual (Unidad las arenitas de Iquitos, unas terrazas).

Las cantidades relativas de feldespatos, cuarzo y fragmentos líticos en la fracción 63-500 micrones de suelos pueden ser estudiados con el microscopio, para entender mejor su origen y evolución geológica. Por ejemplo, las áreas del Escudo del Precambriano están caracterizadas por las rocas plutónicas, principalmente granitos, las cuales son de grano grueso y relativamente enriquecidas en feldespatos. En un diagrama FQL (Figura 12.7), muestras de estos sedimentos están ubicados lejos del vértice correspondiente a las fracciones líticas (la fracción de arena de grano fino no incluye las partículas de roca plutónica completas). Por otro lado, las arenas que se originan como productos de la erosión de cadenas montañosas jóvenes, tal como los Andes, contienen una litología variada y, por lo tanto, en el diagrama ocupan un sector cercano al vértice de las fracciones líticas como resultado de su meteorización principalmente física. Los sedimentos muy meteorizados, por su parte, ocupan un sector cercano al cuarzo residual (comparar con la Figura 12.7).



**Figura 12.7.** Ordenamiento de las muestras de suelos en un diagrama FQL (F=feldespatos, Q=cuarzo y L=fracciones líticas). **A.** Tendencias en los procesos de meteorización en diferentes ambientes sedimentarios según Kroonenberg *et al.* 1990. a=meteorización química; b=meteorización física; c=meteorización generalizada; 1=sedimentos reciclados debido a un levantamiento orogénico; 2=sedimentos de áreas magmáticamente activas; 3=sedimentos de las áreas de escudos (Dickson & Suczec 1979). **B.** Valores típicos para los actuales ríos amazónicos, I=drenando áreas volcánicas activas (Napo, Pastaza); II=ríos de las zonas llanas con un reciclaje extensivo (Nanay y sus afluentes), III=ríos con áreas de captación de tipo mixto (Marañón, Ucayali). **C.** Muestras de arenas paleo-depositacionales. Triángulo=arenas de la Formación Pebas, círculo con raster=arenas de la Unidad C, círculo=arenas de terrazas (Mishana, Momón, Maniti), cuadrado=arenas blancas de Iquitos.

En arenas transportadas por los ríos, la composición de minerales varía según su origen geológico. Por ejemplo las arenas depositadas por el río Amazonas presentan una mezcla de sedimentos provenientes de los Andes y ellos erosionados dentro del llano Amazónico, muchas veces enriquecidos por cuarzo. De igual manera por el río Tigre, cerca de su confluencia con Marañón, las arenas estudiadas presentan tanto material volcanoclástico, proveniente del abanico de Pastaza (ver Räsänen 1993), como los que representan meteorización dentro del llano Amazóni-

co. En cuanto a las muestras estudiadas de tierra firme, las arenas de Formación Pebas son algo semejantes a las de río Amazonas. Las unidades sobreyacentes a la Formación Pebas, la Unidad C, y la Unidad las arenitas de Iquitos, son más maduras (es decir, que contienen mayores cantidades de cuarzo en el mismo orden). La Unidad las arenitas de Iquitos está casi enteramente compuesta por arenas cuarzosas.

Para dar un ejemplo de los cambios que pueden ser producidos durante el reciclaje fluvial de los sedimentos, se llevó a cabo un experimento simple de laboratorio. En una muestra de suelo original del km 13,6 a lo largo de la carretera Nauta-Iquitos, cerca del 70 % de los granos de arena fueron identificados como cuarzo. Cuando esta muestra fue tratada con dispersión ultrasónica y después tamizada con agua, el contenido de cuarzo se incrementó hasta cerca de un 95 %. Este ejemplo ilustra cómo los suelos meteorizados pueden llevar a la formación de depósitos de cuarzo residual, por medio del transporte fluvial y el sorteamiento granulométrico de los sedimentos en los barros de depositación. El incremento relativo del cuarzo en la fracción arena resulta cuando los otros minerales meteorizados tienden a romperse en fracciones más pequeñas. El mismo tipo de enriquecimiento de cuarzo, en pequeña escala, puede ser observado en algunas quebradas y fracturas a lo largo de las márgenes de la carretera cercana a Nauta.

En condiciones de arena blanca cuarzítica, la disponibilidad de nutrientes para las plantas es muy baja, y el crecimiento de las plantas se basa principalmente en la removilización rápida de nutrientes de la hojarasca. Al contrario, los sedimentos que todavía contienen minerales meteorizables, presentan una potencialidad como fuente de nutrientes a través del proceso de meteorización de los mismos. El grado de contribución a la fertilidad de los suelos dependerá, entre otros, de la cantidad y calidad de estos minerales.

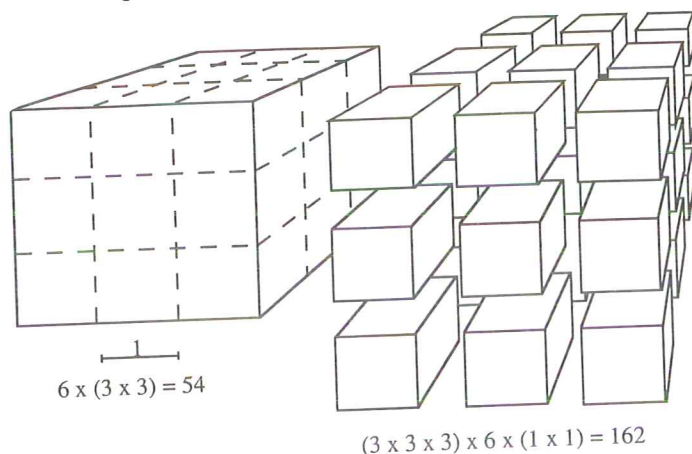
## DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

### APTITUD EDÁFICA

Una gran parte de la aptitud edáfica de un suelo para el desarrollo de las plantas, se determina, tanto por su capacidad de almacenamiento de nutrientes como por su potencial de liberación de los elementos nutritivos. Ambas características son dependientes del cantidad de material orgánico y del tipo de mineralogía de arcillas. Las arenas inmaduras (poco meteorizados) podrían contribuir a la fertilidad de los suelos, pero su baja disponibilidad hace que su importancia sea subordinada en el área de estudio, especialmente fuera de la planicie de inundación del río Amazonas.

Ciertos minerales de arcilla pueden almacenar cantidades relativamente grandes de nutrientes y en virtud a su pequeña granulometría y a la estructura plana de las partículas de arcilla, la superficie total disponible para el intercambio de cationes es comparativamente grande (Figura 12.8). Esto permite que los iones  $H^+$  de las aguas

de percolación faciliten el acceso para que los cationes sean liberados desde la superficie de las partículas de arcilla.



**Figura 12.8.** Granulometría y área superficial. Al dividir un cubo en 27 cubos de las mismas dimensiones se triplica el área superficial total de un sedimento. Asimismo, el área superficial efectiva de un grano de arena meteorizándose a partículas de arcillas se incrementará. El intercambio de nutrientes se lleva a cabo en la superficie de la partícula.

Sin embargo, es importante precisar, que la mineralogía de las arcillas es la que determina su contribución a la fertilidad de los suelos, siendo las esmectitas mejores para las plantas que los minerales químicamente más inertes como Caolinita y Al-Clorita. También las sustancias húmicas en el suelo influyen varios procesos de intercambio de nutrientes, y además afectan el pH de las aguas terrestres. Por su parte, el pH afecta otros factores, tales como la abundancia de aluminio intercambiable, tóxico para muchas plantas, que es liberado en condiciones ácidas ( $\text{pH} < 5$ ).

La capacidad de intercambio de cationes se puede determinar por analizar la fracción de arcilla ( $< 2 \mu\text{m}$ ) en muestras de suelo. Por ejemplo la suma de cationes  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  (CMNK) por el método XRF (*X-Ray Fluorescence*, ver el Capítulo 4) puede ser utilizado para estos fines (Tabla 12.1, Figura 12.9). En los suelos desarrollados en los estratos de la Formación Pebas y la Unidad B, las reservas potenciales de nutrientes sitúan entre las de la muestra de los Andes y la terraza del Pleistoceno. La fertilidad potencial de los suelos desarrollados en los estratos de la Unidad C es comparable con aquellos de la terraza de la Amazonía Central, lo cual también se hace evidente para las muestras de la terraza del río Momón. Los suelos de la Unidad las arenitas de Iquitos son los más pobres en nutrientes aunque son más altos que aquello reportada por Irion (1976) en el Escudo de Guyana.



## CONTRIBUCIÓN DE LOS MINERALES DE ARCILLA

Las arcillas en un suelo pueden ser constituyentes originales de la roca parental, son resultado de los procesos de meteorización *in situ*. La meteorización tropical puede generar dos secuencias básicas de meteorización (Irion 1984), produciendo una mineralogía de arcillas del tipo caolinítico o esmectítico.

La formación de esmectita tiene lugar en localidades pobremente drenadas, tales como las planicies de inundación, con una captación de partículas de sedimentos inmaduros. Las arcillas esmectíticas de la Formación Pebas se han depositado originalmente por ríos que drenaron al lago Pebas: las condiciones predominantemente lacustrinas no permitieron formación de esmectita *in situ*. La esmectita puede haberse formado durante la época de Mioceno medio, en planicies que circundaban el Lago Pebas.

**Tabla 12.1.** La suma de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  (CMNK) en fracción  $< 2 \mu\text{m}$  en muestras de unidades geológicas diferentes en el área de Iquitos, comparados con valores reportados por Irion (1976) para muestras de los Andes ( $51\,900 \text{ mg kg}^{-1}$ ), una terraza brasileña del Pleistoceno ( $23\,390 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y el Escudo de Guyana ( $2280 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Na-Iq e Iq-Na corresponden a la carretera entre Iquitos y Nauta.

LOCALIDAD DE MUESTREO	Unidad geológica	CMNK $\text{mg kg}^{-1}$	Relación con los Andes	Relación con la terraza	Relación con el escudo
Buena Unión	Unidad B	51 450	1,0	2,2	22,6
Paujil	Formación Pebas	32 020	0,6	1,4	14,0
Iq-Na km 27,8	Unidad B	26 559	0,5	1,1	11,6
Na-Iq km 9,6	Unidad C	25 218	0,4	1,1	11,1
Na-Iq km 14,6	Unidad C	21 393	0,4	0,9	9,4
Iq-Na km 29,5	Unidad las arenitas de Iquitos	11 649	0,2	0,5	5,1
Momón	Terraza 1	30 700	0,6	1,3	13,5
Mishana	Terraza 2	14 060	0,3	0,6	6,4

Usualmente, la caolinita se forma en suelos bien drenados a partir de la meteorización de los feldespatos. La caolinita también se puede formar como el resultado de la meteorización de suelos esmectíticos que adquirieron un buen drenaje, por ejemplo después de un levantamiento orogénico.

Dos suelos que no pueden distinguirse en el campo podrían presentar una mineralogía de arcillas completamente diferente (por ejemplo: una mineralogía esmectítica o caolinítica), causando fuertes implicaciones en sus rasgos edáficos. Por lo tanto, el análisis de la mineralogía de arcillas (ver el Capítulo 4) de las muestras tomadas en el campo son de suma importancia para el entendimiento de las propiedades edáficas de los suelos.

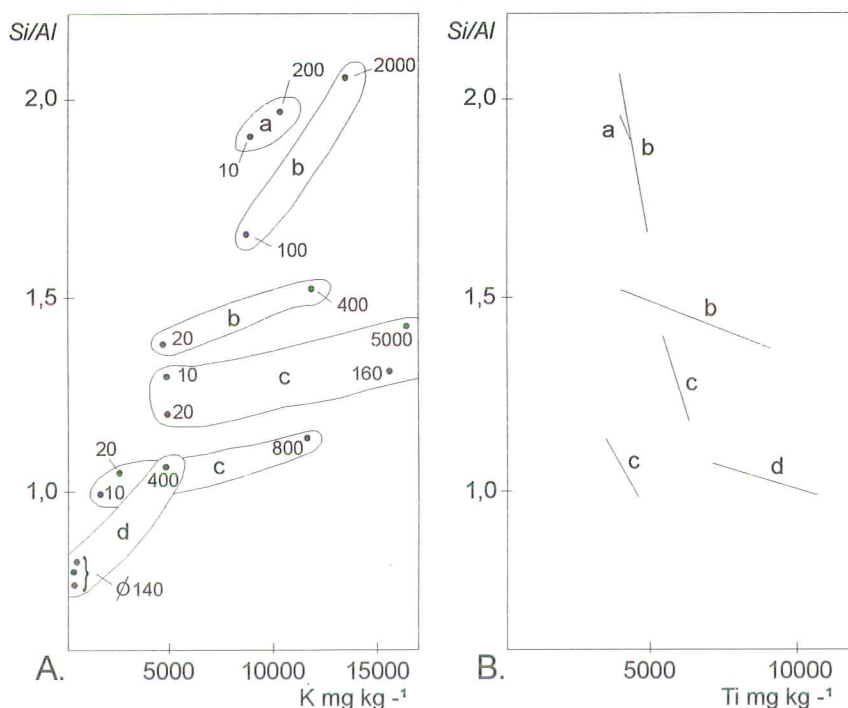


Figura 12.9. Ejemplos de diferencias en propiedades de suelos según su origen geológico, basándose en los análisis XRF de la fracción arcillas (<2  $\mu\text{m}$ ). A. Relación Si/Al contra contenido de K ( $\text{K}_2\text{O}$ , en  $\text{mg kg}^{-1}$ ), con círculos indicando muestras analizadas del mismo perfil y las cifras indican profundidades del muestreo en centímetros. B. Relación Si/Al contra contenido Ti ( $\text{mg kg}^{-1}$ ). Las letras a-d indican las unidades geológicas y los números I-VI corresponden a los ensambles de minerales de arcillas: a=Formación Pebas (I), b=Unidad B (I, II, III) c=Unidad C (II, III, IV), d=Unidad las arenitas de Iquitos (V, VI). Generalmente, se puede apreciar que el grado de madurez geoquímica de los suelos (su grado de meteorización) se ve tanto por disminución de K y la relación Si/Al (lixiviación de Si) como incremento en Ti (residual).

En el área de estudio se observaron seis ensambles mineralógicos de arcillas (en orden de madurez ascendente, desde I a VI):

- I Suelo con esmectita predominante (Formación Pebas, unos suelos de la Unidad B)
- II Suelo con illita y caolinita (Unidad B, Unidad C)
- III Suelo caolínítico con algo de clorita aluminica como resultado de meteorización de la illita (Unidad B, Unidad C, Terrazas)
- IV Suelos con clorita aluminica (vermiculita) y caolinita (depósitos de terrazas)

V Suelo caolínítico (Unidad las arenitas de Iquitos)

VI Suelo arenoso con gibsita, caolinita y sílice amorfa (Unidad las arenitas de Iquitos)

Los ensambles mineralógicos de las arcillas están claramente relacionados a los tipos de material original. Paralelamente a la serie de meteorización de arenas, la mineralogía de arcillas varía, en el ámbito de estudio, reflejando los edades relativas de las diferentes formaciones geológicas (Figura 12.9). Además las tierras superficiales tienden a presentar cambios que indican la influencia de la meteorización y lixiviación. A continuación presentamos unas series típicas con grupos de minerales de arcilla en los suelos desarrollados en diferentes formaciones geológicas (las flechas indican desarrollo de una composición original de minerales de arcilla a la composición secundaria en condiciones de suelo superficial):

Formación Pebas	I → IV
Unidad B	II → III
Unidad C	II → IV
Terrazas	III y IV (sin cambios)
Unidad las arenitas de Iquitos	III y IV (sin cambios)

## FERTILIDAD DE LAS LOCALIDADES DE LOS ESTUDIOS BOTÁNICOS

Durante las extensas investigaciones botánicas en el área (Capítulo 10), se colectaron y analizaron grandes series de muestras de suelos. Estas muestras proporcionan un registro único para la evaluación de la distribución de la variación edáfica de los suelos, y por lo tanto se las analiza brevemente más adelante. Las muestras fueron tomadas de las profundidades 0,1 y 1 metro de suelo y se analizaron entre 4 y 12 muestras de cada localidad (Tabla 12.2).

En este ejemplo, la fertilidad actual se ha determinado utilizando la suma "S" de cationes  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$  extractables con acetato de amonio (ver el Capítulo 4). Tal como se muestra en la Figura 12.10, el contenido de fracciones de arcilla y limo en los suelos superficiales no reflejan bien la disponibilidad de los nutrientes, pues se puede observar una amplia variación en la suma de bases intercambiables en diversas texturas de suelo. Se concluye, que una mayor parte de variaciones encontrados en la disponibilidad de nutrientes, se refleja en las diferentes formaciones geológicas. Según la mineralogía de la arcilla (ver la Tabla 12.2), tentativamente se arguye por ejemplo, que los suelos que se desarrollaron en la Formación Pebas tienden a ser relativamente ricos en nutrientes por causa de sus arcillas esmectíticas. El valor extremadamente elevado de la suma de cationes para la muestra de Tarapoto podría haber sido causado por la colección de una muestra de una roca no alterada o con fósiles.

Son este tipo de variaciones en el estado de los nutrientes de los suelos, las que están relacionadas al tipo de roca parental infrayacente, lo que explica mucho acer-



ca de los patrones de distribución y diversidad de la vegetación. La mineralogía de arcillas y "S" (estado de los nutrientes extractables) no sólo indican las propiedades edáficas de los suelos sino que también indican el tipo de material parental infrayacente. Por lo tanto, el evaluar las propiedades de los suelos podría ser de importancia para el cartografiado geológico futuro en el área de Iquitos.

**Tabla 12.2.** Contenido típico de minerales de arcilla y suma de bases intercambiables en los suelos superiores de la región de Iquitos. Las abundancias de las diferentes minerales de arcilla están indicados con escala relativa desde 0 (ausente) a 8 (abundante). La granulometría de las muestras se indica por medio del porcentaje de las fracciones de <63 µm y <2 µm.

LUGAR DE ESTUDIO	Esmectita/ Vermiculita	Illita	Clorita aluminica	Caolinita	<63 µm %	<2 µm %	Suma S cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	Unidad geológica inferida / conocida
Tarapoto	8	3	0	4	96,9	54	37,64	Formación Pebas
Gengen	8	3	0-3	5	89,3		2,11	Formación Pebas
Ex Petroleros	8	1-2	0	6	83,8	38	1,57	Formación Pebas
San Antonio	5-8	0-3	0	0-5	64,3	37	0,6	Unidad B / Formación Pebas
Santa Ana	4-8	0-4	0	6-7	93,2	60	0,49	F. Pebas mixto con las arenitas de Iquitos
13 Febrero	0-7	0-3	0	4-8	56,6	25	0,49	F. Pebas mixto con las arenitas de Iquitos
Magdalena	6-8	3-4	0	6-7	83,2	47	0,48	Formación Pebas
Momón Colina					84,2		0,32	Formación Pebas
Manití	0	3	3	5-8	44		0,19	Terraza
Mishana 1	0-8	0-3	3-8	8	84,2		0,16	Terraza
Momón 1					77,4		0,15	Terraza
Nauta	0	3	1-3	8	56		0,11	Unidad C
Momón 2	5-8	0-3	3-5	5	85,1		0,1	Formación Pebas
Panguana	0	0-2	3-4	8	52,3	32	0,1	Terraza / Unidad C
Esperanza	0	0	4	8	53,1	36	0,1	Arenitas de Iquitos / Unidad C
Mishana 2	5-8	0-1	3-5	8	28,6		0,02	Terraza / mixto

## SUMARIO DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS Y LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS

Tal como se ha señalado anteriormente en este capítulo, así como en los Capítulos 4 y 5 del presente libro, los suelos de la región de Iquitos podrían tener propiedades contrastantes aunque estén localizados a gran proximidad. A primera vista, estas variaciones pueden parecer enigmáticas, pero la situación se hace más comprensible cuando se conocen las eras depositacionales y los tipos de génesis de los diferentes materiales fuente de los suelos, y al tomar en cuenta algunos principios básicos de los procesos post-depositacionales de alteración de los suelos (formación de los suelos). El siguiente resumen, algo breve, de las relaciones entre las unidades geológicas y las propiedades de los suelos nos brinda una idea simplificada para el

entendimiento de la situación cerca a la ciudad de Iquitos. Cabe recalcar que estas generalizaciones, tienen carácter orientador, no pueden ser utilizadas como base para cualquier esfuerzo de planeamiento del uso de la tierra - en tales circunstancias serían absolutamente necesarias unas investigaciones detalladas de campo en forma previa.

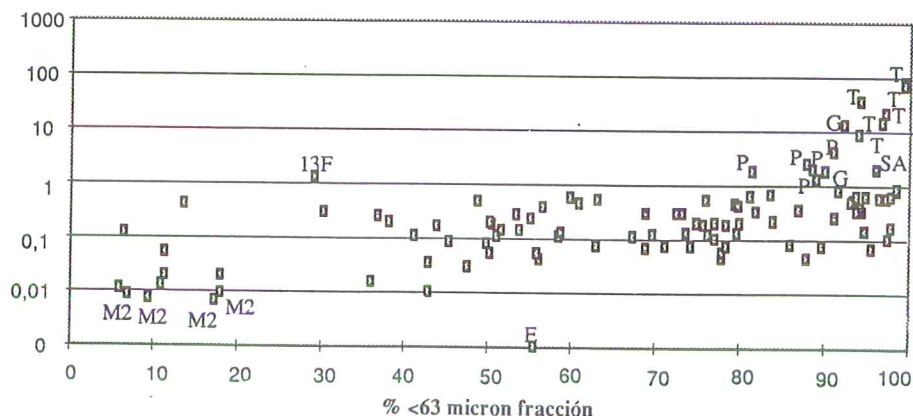


Figura 12.10. El contenido de arcilla y limo (porcentaje de la fracción <63 µm) versus la suma de bases extractables (ver la Tabla 12.2) en muestras de suelo superficial, colectados en el estudio de la vegetación (ver el Capítulo 7). Se identifica unas muestras con textura muy fina/muy gruesa como lo siguiente: M2=Mishana-2, 13F=13 de Febrero; E=Esperanza; P=Ex Petroleros; G=Gengen; SA=San Antonio; y T=Tarapoto. La falta de una correlación obvia entre estas variables sugiere que es la mineralogía de arcillas, no solamente la clase textural "arcilla", que determina mucho de la fertilidad de los suelos. Nótese la escala logarítmica en el eje y.

Los estratos más antiguos que afloran en la zona de Iquitos son los depósitos de la **Formación Pebas**. La Formación Pebas fue depositada en un complejo lacustrino de lagos, pantanos y deltas durante el Mioceno. Las localidades de baja energía (áreas profundas de deposición) generaron litologías de grano predominantemente fino con pequeñas cantidades de arenas inmaduras. Los depósitos de la Formación Pebas están compuestos por capas ligera- y estructuralmente inclinadas que muestran una variación lateral algo intensa (ver Figuras 4.34 y 4.35 en el Capítulo 4). Muchas de las estructuras depositacionales originales se formaron bajo el agua, la meteorización no actuó durante la depositación, y las arcillas retuvieron su mineralogía esmectítica así como sus contenidos de nutrientes comparativamente elevados. Frecuentemente, las arcillas contienen cantidades de fósiles calcáreos. En los depósitos de la Formación Pebas también se encuentran arcillas orgánicas, lignitos, y rara vez yeso y cristales de pirita. Los suelos desarrollados en los estratos arcillosos y/o ligníticos de la Formación Pebas tienden a ser muy superficiales. Algunas veces se puede observar minerales no alterados en el primer metro bajo la superficie. En los estratos algo arenosos de la Formación Pebas, los suelos pueden desarrollar varios metros de profundidad, tal como se aprecia en el área del río Napo.

Los suelos desarrollados en los estratos de la Formación Pebas pueden presentar cantidades moderadas de Potasio, Magnesio y Calcio. Por ejemplo, se observaron buenas localidades para examinar la estratigrafía de la Formación Pebas en los afloramientos en las riberas de los ríos, por ejemplo aguas arriba del puerto Tamshiya-cu o en el puerto de Iquitos.

Sobreyaciendo a la Formación Pebas se encuentran los depósitos de la **Unidad B**. La Unidad B fue depositada en el Mioceno Medio a Tardío bajo condiciones estuarinas. Se caracteriza por arenas algo más maduras (meteorizadas) y arcillas esmeclíticas. La Unidad B carece de lignito y fósiles carbonosos. Típicamente, los depósitos de la Unidad B contienen ligeramente menos nutrientes que los suelos desarrollados en la Formación Pebas. La arquitectura depositacional original es, como en la Formación Pebas, algo heterogénea. La mayor parte de ésta ha sobrevivido a la obliteración causada por los procesos formadores de suelos, aunque las capas arenosas de grano grueso podrían haber sufrido cambios composicionales debido a la meteorización hasta una profundidad de unos 10 metros. Algunos cortes de suelo, por ejemplo a km 27,8 por la carretera Iquitos-Nauta o la localidad de Buena Unión, son buenos sitios para examinar las estructuras típicas de los depósitos de la Unidad B.

La **Unidad C** está compuesta de arenas y de arcillas brechosas, y fue depositada en un ambiente fluvio-mareico con una antigüedad del Mioceno Medio a Tardío. Originalmente los sedimentos de la Unidad C fueron depositados como arenas inmaduras. Los depósitos de la Unidad C se encuentran en las áreas más altas en la parte sur del área de estudio, donde ellos sufren una meteorización intensa. La fuerte meteorización post-depositacional en estos depósitos porosos bien drenados causó la formación de caolinita y clorita aluminica. Los principales nutrientes, tales como K, Mg, y Na se perdieron mayormente durante la meteorización, resultando en el desarrollo de suelos algo pobres en nutrientes. La influencia de procesos de alteración excede fácilmente decenas de metros. Las capas arenosas sufren un cambio composicional y pérdida de su estructura especialmente en el superficie, mientras las capas de arcilla pueden mantener su arquitectura original. Se pueden encontrar unos buenos ejemplos de los depósitos de la Unidad C en el inicio de la carretera Nauta a Iquitos.

La **Unidad las arenitas de Iquitos** fue depositada en un ambiente fluvial encima de Formación Pebas. La fuerte alteración de estos suelos puede relacionarse con la textura inicial arenosa bien drenada de los sedimentos, así como a su ubicación fisiográfica en la cima de las ondulaciones, donde estas arenas son susceptibles a una meteorización más intensa. En afloramientos, desde la superficie hasta el límite inferior, se muestra como un enorme podsol con capas del suelo bastante claros de observar (ver la Figura 12.5B). El suelo es muy pobre para el crecimiento de las plantas aunque mantiene una diversidad alta de especies vegetales en su estado natural. Sólo se pueden encontrar minerales residuales extremadamente estables, tales como cuarzo, anatas ( $\text{TiO}_2$ ), caolinita y gibsita [ $\text{Al}(\text{OH}_3)$ ]. El desarrollo de las capas duras, una o varias (horizonte B espódico, ver el Capítulo 5), podría haber contribuido a su resistencia a la erosión, y podría explicar parcialmente su distribución espacial de tipo mosaico, la que se presenta como unas islas en áreas donde predominan los suelos de otras unidades geológicas. Se pueden encontrar buenas



áreas de ejemplo con afloramientos de la Unidad las arenitas de Iquitos, en lugares donde las arenas blancas han sido excavadas para la construcción de caminos y otros propósitos, por ejemplo cerca a la villa de Peñanegra.

**Unidades de terrazas.** Estas capas geológicas, contienen sedimentos de origen fluvial, depositados por ríos antiguos. En los afloramientos se observa la arquitectura depositacional, donde se pueden apreciar las estructuras sedimentarias tanto arenosas como arcillosas. Teniendo capas superiores de textura fina, depositados en condiciones de una llanura de desborde (ver Capítulo 6), las terrazas están caracterizadas por un drenaje pobre, y estos lugares están frecuentemente ocupados por una vegetación especializada tales como las palmeras de los pantanos. La más extensa formación de terrazas en el área de estudio puede ser encontrada en el sector oriental del río Amazonas, y sus estructuras sedimentarias pueden ser estudiadas en los afloramientos a lo largo del río Amazonas cerca a Tamshiyacu. También el río Nanay formó algunas terrazas menores al sur de su llanura de inundación actual. La mineralogía de los depósitos de terraza en el área de estudio es variable.

**Paisaje aluvial.** Para completar nuestro sumario de las unidades geológicas, cabe mencionar el paisaje aluvial, que presenta tanto suelos fértiles con minerales poco meteorizados como suelos ácidos con una mala potencialidad agrícola. Estos se presentaron más detalladamente en el Capítulo 6.

## IMPLICACIONES PARA EL USO DE LA TIERRA

El abandono de chacras recientemente colonizadas en los suelos de la Unidad C en el área de Nauta, es un buen ejemplo de la importancia del entendimiento del potencial edáfico de los suelos, y de un conocimiento detallado acerca de su distribución. Los suelos de la Unidad C son muy pobres, y proporcionan una perspectiva muy pequeña para la producción agrícola. Si el conocimiento correcto hubiera estado disponible en el momento apropiado, el uso de la tierra en esta área hubiera sido dirigido a otros propósitos.

Otro buen ejemplo es la apertura del área entre los ríos Nanay e Itaya por medio del desarrollo de transversales rectas. Estos caminos abarcan una variedad de unidades geológicas, incluyendo a los depósitos de la Formación Pebas y a los depósitos de la Unidad las arenitas de Iquitos. Los primeros podrían proporcionar, al menos por un tiempo, unas condiciones generales algo satisfactorias para el desarrollo agrícola, mientras que los últimos son completamente inadecuados para cualquier tipo de desarrollo agrícola. Por lo tanto, la construcción de caminos rectos para abrir un área para la colonización no debería ser incentivada sino se cuenta con un cartografiado geológico y pedológico detallado para el área objetivo.

Aunque nosotros hemos comentado repetidamente que los suelos de la Formación Pebas tienen un buen potencial de desarrollo agrícola, es necesario señalar la existencia de potenciales limitaciones en su utilización, especialmente cuando las

capas ligníticas contienen pirita, que pueden originar muy localizadamente condiciones edáficas bastante inapropiadas. Por lo tanto, se recomienda la realización de un estudio detallado de variaciones edáficas en los suelos formados en la Formación Pebas. También se conoce muy poco acerca del comportamiento en el largo plazo de los terrenos agrícolas con suelos de la Formación Pebas. Unos agricultores de Nuevo Horizonte, asentados en un tramo de la carretera Iquitos-Nauta, refieren producción descendente dentro de los primeros cinco años después de la colonización; igualmente expresan su preocupación por el desarrollo agresivo de numerosas especies de malezas en éstos suelos. Se debe conocer mucho más acerca de este comportamiento en el largo plazo, así como acerca de qué cultivos o sucesión de cultivos podrían aumentar la producción al máximo, al mismo tiempo que la degradación edáfica se hace mínima.

En tanto se desarrolla la investigación científica en suelos de la Formación Pebas, debería rescatarse el conocimiento desarrollado por colonos antiguos exitosos, que sabiamente utilizan estos suelos en las áreas contiguas a la carretera Iquitos Nauta, en las inmediaciones de las cuencas de los ríos Nanay e Itaya.

## CONCLUSIONES

Debido a la presencia de varias formaciones geológicas con edades diferentes de depositación y tiempo variable a que fueron expuestos a meteorización ambiental, los suelos de la zona de Iquitos son altamente variables. Estos suelos comparados con los de la Amazonía Central, presentan menor meteorización y mayor variabilidad en grados y tipos de meteorización, probablemente atribuidos a su menor tiempo cronológico de depositación y variable tiempo de exposición ambiental del material geológico diversificado.

De los suelos de las áreas no inundables, la mayoría de los suelos arenosos están caracterizados por cantidades elevadas de cuarzo. En los horizontes de suelos a mayor profundidad también están presentes fragmentos de rocas y feldespatos. Usualmente, las propiedades diferentes de los suelos en muestras cercanas a la superficie y de sectores más profundos en un perfil, se relacionan a los cambios post-depositacionales, como la meteorización química, lixiviación y el transporte de partículas por el agua de los suelos. Es siempre importante el tener presente que en algunos casos la estratificación de los suelos podría reflejar la estratificación original de las capas sedimentarias.

Los minerales secundarios de arcilla se caracterizan las diferentes unidades geológicas. Mientras que la Formación Pebas está enriquecida en esmectita (primaria), los sedimentos fluviales sobreyacentes más jóvenes están enriquecidos en caolinita. Esta diferencia es de fundamental importancia para el balance de nutrientes de los suelos. También el enriquecido contenido fosilífero de algunas capas en la Formación Pebas realza el rango de diferencias en los suelos cerca a Iquitos. Sin embargo, la meteorización química podría haber equilibrado hasta cierto punto, las diferencias originales en relación al material parental del suelo.

En aquellas áreas dónde la Formación Pebas se presenta en superficie, se encuentran las propiedades edáficas que merecen atención en los futuros estudios de suelos. Sin embargo, las diferentes capas de la Formación Pebas son distintas e incluso su estado de meteorización química podría variar considerablemente dentro de la zona. Para obtener un mejor entendimiento sobre los suelos en el área de estudio, se deben llevar a cabo estudios futuros a una escala más detallada y que contemple un punto de vista multidisciplinario para asegurar que sean empleadas las metodologías de investigación y los alcances científicos más apropiados. Un mejor entendimiento de los suelos es crucial para todo esfuerzo de uso de la tierra en esta zona; es de vital importancia integrar el conocimiento científico con la experiencia exitosa local.



# CAPÍTULO 13

## USO DE ESPECIES INDICADORAS PARA DETERMINAR CARACTERÍSTICAS DEL BOSQUE Y DE LA TIERRA

Hanna Tuomisto y Kalle Ruokolainen

---

### RESUMEN

En la planificación del uso de los bosques amazónicos es importante poder cartografiar las diferencias ambientales que existen. Por ejemplo, las diferencias edáficas entre lugares pueden fácilmente ser tan grandes que se necesitan manejos muy distintos para obtener buenos resultados en la producción agropecuaria o forestal. Para el manejo de la biodiversidad es también esencial saber como están distribuidas las diferentes especies y hábitats para asegurarse de un adecuado nivel de conservación. Además, se necesita urgentemente este conocimiento, porque la presión para la utilización de los bosques amazónicos es fuerte.

Es muy costoso y lento a hacer análisis directo tanto de las características químicas de los suelos, como de la composición florística o faunística total del bosque. Pero todas las especies están adaptadas a crecer en algunas condiciones ambientales preferidas, y por lo tanto existe la posibilidad de utilizar la presencia de relativamente pocas especies elegidas como indicadores de las condiciones ambientales. Lamentablemente, el conocimiento de los requerimientos ecológicos de las especies amazónicas es todavía tan inadecuado que no se pueden seleccionar especies indicadoras óptimas de la flora total.

Para resolver este problema, hay que obtener información ecológica de las especies rápida y adecuadamente. La manera más eficaz de hacerlo es concentrar los estudios ecológicos en uno o pocos grupos de plantas preseleccionados. Tales grupos de plantas tienen que ser fáciles a coleccionar e identificar en el bosque, y tienen que ser relativamente comunes y tener suficientes especies para poder presentar una variación grande de adaptaciones, pero no deben tener tantas especies que la identificación se complica demasiado. Las pteridófitas terrestres y la familia Melastomataceae cumplen todos estos requisitos. La mayor ventaja en el uso de especies indicadoras es que es un sistema rápido y barato, pero su limitación está en que da solamente una aproximación de las características ambientales. Para saber exactamente la distribución de alguna característica ambiental, o algún recurso silvestre, hay que medirlo directamente.

En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. *Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú*. *Annales Universitatis Turkuensis Ser A II* 114: 481-491.

## INTRODUCCIÓN

Para manejar el ambiente amazónico de una manera inteligente y sostenible hay que saber diferenciar y cartografiar la variación relevante en las características ambientales. A base de este conocimiento, se puede definir cuales son las áreas más aptas para actividades agropecuarias o forestales, cuánto producción se puede conseguir en diferentes áreas bajo diferentes usos, y donde la utilización del ambiente tiene que ser muy cuidadoso para no resultar en fracasos económicos y ecológicos. También, el uso y la conservación eficiente de la biodiversidad depende de la calidad de la información sobre la variación ambiental, porque cada especie de planta y animal tiene preferencia a ciertas condiciones ambientales, y no se puede asegurar la conservación de las especies sin preservar los hábitats donde ocurren.

Aparentemente esta lógica siempre ha sido seguida en la Amazonía. La distinción entre áreas inundables y de tierra firme es muy obvia y bien respetada. Además, dentro de tierra firme, los agricultores han tradicionalmente identificado las áreas más productivas como *terra preta* en Brasil o yarinal en el Perú, y también han reconocido aparte las áreas más pobres con suelos de arena blanca. Es posible que las indígenas han distinguido todavía más variación ambiental relevante en tierra firme. En todo caso la existencia de ésta ha sido demostrado en varios estudios científicos recientes (ter Steege *et al.* 1993, Duivenvoorden & Lips 1993, 1995, Tuomisto *et al.* 1995, Ruokolainen *et al.* 1997, Capítulos 5, 7 y 10).

Ahora, una de las tareas más importantes es tratar de cartografiar la variación ambiental en los bosques amazónicos, tanto en el Perú como en toda la Amazonía. Esta tarea es urgente porque la deforestación avanza rápido, y muchas veces con poco respeto de las condiciones ambientales. Un ejemplo de esta problemática en la zona de Iquitos, es la construcción de las tres vías transversales que salen de la carretera Iquitos-Nauta hacia el río Nanay. Las vías transversales han sido construidas para facilitar la producción agrícola en la zona, pero por varios kilómetros cruzan áreas de arena blanca, donde los suelos son tan pobres que la producción agrícola es pésima.

Los métodos de percepción remota, por ejemplo el uso de las imágenes de satélite (Tuomisto *et al.* 1994, 1995, Capítulos 7 y 11), son bien promisorias para un mapeo ambiental, pero no pueden ser utilizados sin verificación en el campo de los patrones reconocidos. El conocimiento básico de las condiciones reales en el bosque es la única garantía de que las interpretaciones de los resultados de percepción remota sean correctas.

Las características relevantes de los hábitats incluyen, por ejemplo, el pH, textura y contenido de nutrientes de los suelos, y también la composición de especies de plantas y animales del bosque. En principio el inventario de estas características es sencillo — sólo falta trabajo del campo. Pero en términos prácticos es imposible encontrar los recursos monetarios e intelectuales necesarios para cubrir áreas mayores, como es, por ejemplo, la zona de Iquitos que es tratado en este libro. ¿Cómo, entonces, enfrentar la necesidad de cartografiar rápidamente las extensas áreas de los bosques amazónicos?

Proponemos que un inventario de sólo una parte restringida de las especies de plantas — especies indicadoras — puede dar suficientemente información de las características ambientales del lugar para la mayoría de los fines del manejo ambiental. Un número limitado de especies hace posible realizar inventarios en una grande escala geográfica. Los aspectos críticos en esta idea son (1) si es realmente posible definir las especies indicadoras, y (2) en caso positivo, si estos son capaces de indicar características relevantes para el manejo del medio ambiente.

## LA TEORÍA Y LOS ESTUDIOS ECOLÓGICOS

Una implicación de la teoría de la evolución de especies es que cada especie está adaptada a vivir y reproducirse óptimamente en sólo ciertos tipos de medio ambiente. Esto significa que un sitio definido, con sus características específicas de suelo y clima, no puede soportar cualquier especie de planta, sino sólo las que tienen las adaptaciones necesarias para estas condiciones. La composición florística, en su turno, define que especies de animales pueden encontrarse en el mismo sitio, ya que los animales también tienen adaptaciones específicas en cuanto a su dieta u otras necesidades básicas.

En una escala continental, este principio es muy evidente. Por ejemplo, la sierra y la Selva Baja son ambientes bien distintos, y hay muy pocas especies que ocurren en las dos. Consecuentemente, en esta escala no hay dificultades en hallar especies indicadoras. Si un amigo nos dice que durante un viaje reciente ha visto muchos árboles de caucho (*Hevea* spp.), podemos utilizar esta especie como un indicador del ecosistema amazónico y sabemos que ese amigo no está hablando sobre un viaje a la sierra. Eso nos da una idea general de que otras especies de plantas y animales posiblemente ha visto, y que el clima durante su viaje fue caluroso y húmedo.

Cuando las diferencias ambientales entre dos sitios son menos marcadas que en el caso de la sierra y la Selva, hay más especies que ocurren en ambas condiciones. Por ejemplo, en Amazonía hay varias especies de árboles que crecen tanto en áreas inundables como en tierra firme, aunque muchas de las especies sólo crecen en uno de los dos ambientes. Dentro de la tierra firme, se puede distinguir entre áreas de arena blanca y áreas con otros tipos de suelos, y otra vez hay algunas especies que pueden crecer en ambos, pero la mayoría sólo ó en el uno ó en el otro.

Así se puede continuar dividiendo la Amazonía según las características ambientales en clases más y más pequeñas, y cada vez puede encontrarse un número menor de especies indicadoras para las divisiones, hasta que finalmente se llega a una situación donde las diferencias ambientales son tan pequeñas que ya no son reflejados en la composición de especies. La cuestión practica es: ¿hasta que nivel de detalle es posible llegar con las clasificaciones de manera tal que aún se mantenga una relación obvia entre las condiciones ambientales y la composición de las especies?

En las latitudes templadas y boreales del mundo, tradicionalmente se piensa que inclusive diferencias relativamente pequeñas en el medio ambiente afectan a la



composición de especies. Esta idea está soportado por numerosos estudios del campo, y también existe una buena base teórica (por ejemplo Grime 1979, Tilman 1986, 1994). Una demostración concreta de la íntima conexión entre la flora y las condiciones ambientales se encuentra en el manejo de los bosques de Finlandia. Allí, la caracterización forestal y biológica de los tipos diferentes de bosque está basada en el uso como indicadoras de tales especies de plantas, de las cuales se sabe que sólo crecen en ciertas condiciones edáficas (Cajander 1926).

Las teorías de la interrelación entre el medio ambiente y las especies de plantas en los bosques húmedos tropicales son mucho más variadas, aparentemente por falta de observaciones del campo. Algunas teorías suponen que la interrelación es muy detallada, tal vez más detallada que en cualquier otro ecosistema terrestre (Ashton 1969, Gentry 1981), mientras que otras postulan que los bosques tropicales presentan muy poca variación relevante en las características ambientales, y que la distribución de las especies es mas o menos aleatoria (van Steenis 1969, Hubbell & Foster 1986, Condit 1996).

En el caso de los bosques amazónicos, observaciones recientes están empezando a demostrar mucha más variación ambiental que lo conocido anteriormente (Salo & Räsänen 1989, Kalliola *et al.* 1993, Räsänen *et al.* 1995, Tuomisto *et al.* 1995, Capítulos 5, 11 y 12). Además, las plantas parecen corresponder a la variación ambiental igual que en otras partes del mundo.

Los factores ambientales más importantes que están controlando la distribución de las especies de plantas son drenaje (mayormente en una escala local, Kahn & de Castro 1985, Kahn 1987, Tuomisto & Ruokolainen 1994, Tuomisto *et al.* 1995) y la textura y concentración de cationes del suelo (mayormente en una escala regional, ter Steege *et al.* 1993, Duivenvoorden & Lips 1993, 1995, Tuomisto *et al.* 1995, Tuomisto & Poulsen 1996, Ruokolainen *et al.* 1997, Capítulo 7). Todas estas características son importantes para la estimación del potencial que tiene la tierra para, por ejemplo, la producción agrícola o forestal. Por lo tanto, parece que realmente existe una buena posibilidad de utilizar la información de la distribución de especies vegetales en el mapeo de la variación ambiental para los fines del manejo inteligente y sostenible de los bosques amazónicos.

## COMO ELEGIR LAS ESPECIES INDICADORAS

La correspondencia observada entre el medio ambiente y la distribución de especies de plantas no significa que todas las especies responden en una manera igual a los cambios ambientales. Algunas especies son muy generalistas, mientras que otras son especializadas en crecer solamente en ciertas condiciones bien definidas, y muchas especies son intermedias (no muy generalistas ni muy especialistas). Lo ideal sería elegir las especies más especialistas como indicadoras de sus condiciones ambientales preferidos, pero el problema es que todavía no se conoce lo suficiente sobre la ecología de las especies para saber cuales son las indicadoras mejo-

res. Hasta que el conocimiento ecológico general de las especies se incrementa, hay que elegir un grupo de plantas indicadoras de alguna u otra manera.

Proponemos que se consideren siete características importantes para que un grupo de especies de plantas sirvan como indicadoras: (1) deben de ser plantas de un tamaño conveniente que permita su fácil observación y colección; (2) deben ser fáciles a reconocer en el bosque, para evitar perder tiempo colectando plantas que no pertenecen al grupo indicador; (3) deben de tener suficientes especies para poder presentar una variación grande de adaptaciones ecológicas; (4) no deben de tener demasiadas especies para que una persona pueda aprender a conocerlas en el campo; (5) deben de ser relativamente bien conocidas taxonómicamente para que la identificación no sea demasiado difícil; (6) deben de ser suficientemente comunes en los bosques de diferentes tipos para que uno siempre los encuentre; y (7) no deben de ser muy utilizadas por los seres humanos, porque eso podría alterar sus patrones de distribución natural.

Si uno elige un grupo de indicadoras que cumple con estos requisitos, es relativamente simple estudiar el grupo en detalle, para aprender las preferencias ecológicas de las especies miembros del grupo. Durante tal estudio inicial, es necesario hacer observaciones detalladas de las condiciones ambientales, como muestreo y análisis físico-químico de los suelos. A base de estos resultados, se puede ver cuales son las especies generalistas con poco valor indicativo, y cuales son las especies especialistas útiles como indicadoras de las diferentes condiciones ambientales. Una vez resuelta las relaciones entre las diferentes especies y las diferentes condiciones ambientales, las observaciones detalladas ya no son necesarias. Después de esto, uno puede hacer evaluaciones de terrenos amplios relativamente rápido.

Según nuestros estudios, las pteridófitas (helechos y plantas afines) y la familia Melastomataceae son grupos de plantas que cumplen todos los siete requisitos de buenos indicadores (Figuras 13.1 y 13.2). Son mayormente hierbas o arbustos, son fáciles de conocer hasta su grupo, tienen mas o menos 300 especies cada uno en la Amazonía peruana (comparado con más de siete mil especies en total, Brako & Zarucchi 1993), son representados en todos los tipos de bosque que se conocen en el área, la situación taxonómica es mejor que con la mayoría de las plantas amazónicas, y tienen pocas especies utilizadas por la gente. Además, los estudios ecológicos han demostrado que ambos grupos tienen varias especies con requisitos ecológicos suficientemente exactos para poder servir como indicadoras de ciertas condiciones edáficas (Young & León 1989, van der Werff 1990, 1992, Ruokolainen *et al.* 1994, 1997, Tuomisto & Ruokolainen 1994, Tuomisto *et al.* 1995, Tuomisto & Poulsen 1996, Capítulo 7). A base de estos estudios, presentamos en la Tabla 13.1 un listado de algunas especies con preferencias en relación al drenaje, la textura o el contenido de nutrientes en el suelo.





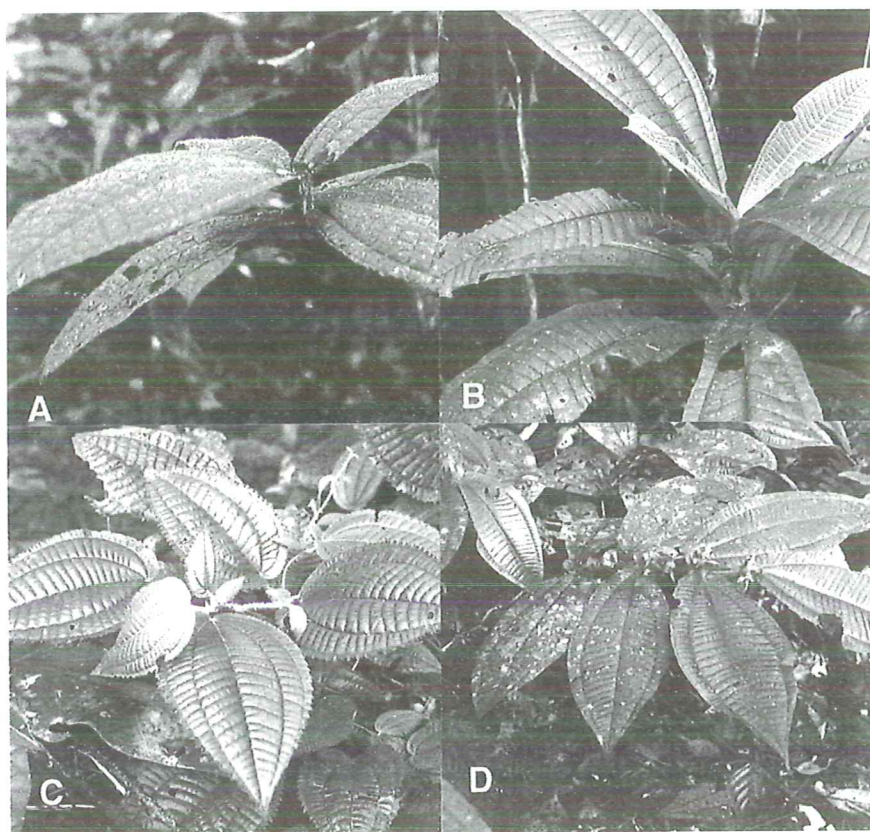
**Figura 13.1.** Ejemplos de especies de helechos que pueden utilizarse como indicadoras de características diferentes de suelo. A. *Adiantum tomentosum*, especie de suelos limosos pobres. B. *Adiantum pulverulentum*, especie de suelos arcillosos relativamente ricos. C. *Cyclodium meniscioides*, especie de suelos mal drenados y de suelos arenosos y pobres. D. *Polybotrya crassirhizoma*, especie de suelos arcillosos relativamente ricos. (Fotos: Tuomisto)

## RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DE ESPECIES INDICADORAS

Cuando el propósito es conseguir lo más rápidamente posible una idea de las características edáficas y tipos de bosque dentro de un área definida de estudio, la



manera más eficaz es hacer inventarios de sólo tales especies de las pteridófitas y Melastomataceas que se conocen como especialistas ecológicas. En tales inventarios, no se registran las especies generalistas, porque eso aumentaría la cantidad de trabajo necesario en cada punto de observación. El seguimiento de este modelo será posible, si se continúa trabajando con los estudios ecológicos de las especies en los dos grupos de plantas para definir más exactamente cual es la combinación de especies indicadoras que da máxima información. Las pteridófitas y Melastomataceas juntas tienen aproximadamente 600 especies en la Amazonía peruana, y puede ser que no sean necesarios más que unas 100–200 especies indicadoras bien elegidas para conseguir la suficiente información para el mapeo de las condiciones edáficas.



**Figura 13.2.** Ejemplos de especies de Melastomataceas que pueden utilizarse como indicadores de características diferentes de suelo. A. *Miconia barbinervis*, especie de suelos limosos pobres. B. *Miconia grandifolia*, especie de suelos arcillosos relativamente ricos. C. *Clidemia epiphytica*, especie de suelos arcillosos o limosos de fertilidad variable. D. *Clidemia heterophylla*, especie de suelos arcillosos relativamente ricos. (Fotos: Tuomisto)

Tabla 13.1. Algunas especies de helechos y melastomataceas con información sobre el tipo de condiciones edáficas que indican. Los tipos de suelo son los siguientes: A=arcilloso y relativamente rico; B=arcilloso o limoso de fertilidad variable; C=mal drenado de fertilidad variable; D=mal drenado o arenoso y pobre; E=limoso y pobre; F=arena blanca muy pobre.

ESPECIE	Grupo	A	B	C	D	E	F
<i>Adiantum pulverulentum</i>	Helecho	X					
<i>Bolbitis</i> (todas las especies)	Helecho	X					
<i>Clidemia dimorphica</i>	Melastomataceae	X					
<i>Clidemia heterophylla</i>	Melastomataceae	X					
<i>Didymochlaena truncatula</i>	Helecho	X					
<i>Diplazium</i> (todas las especies)	Helecho	X					
<i>Miconia acutipetala</i>	Melastomataceae	X					
<i>Miconia grandifolia</i>	Melastomataceae	X					
<i>Polybotrya crassirhizoma</i>	Helecho	X					
<i>Thelypteris pennata</i> y especies parecidas	Helecho	X					
<i>Clidemia epiphytica</i>	Melastomataceae		X				
<i>Saccoloma inaequale</i>	Helecho		X				
<i>Salpichlaena volubilis</i>	Helecho		X				
<i>Adelobotrys boissierina</i>	Melastomataceae			X			
<i>Maieta poeppigii</i>	Melastomataceae			X			
<i>Polybotrya caudata</i>	Helecho			X			
<i>Salpichlaena hookeriana</i>	Helecho			X			
<i>Cyclodium meniscioides</i>	Helecho				X		
<i>Metaxya rostrata</i>	Helecho				X		
<i>Adelobotrys marginata</i>	Melastomataceae					X	
<i>Adelobotrys praetexta</i>	Melastomataceae					X	
<i>Adiantum tomentosum</i>	Helecho					X	
<i>Miconia barbinervis</i>	Melastomataceae					X	
<i>Ossaea cucullata</i>	Melastomataceae					X	
<i>Schizaea elegans</i>	Helecho					X	
<i>Trichomanes elegans</i>	Helecho					X	
<i>Arachniodes macrostegia</i>	Helecho						X
<i>Clidemia epibaterium</i>	Melastomataceae						X
<i>Miconia pterocaulon</i>	Melastomataceae						X
<i>Trichomanes bicornis</i>	Helecho						X
<i>Trichomanes crispum</i> y especies parecidas	Helecho						X

Es muy factible aprender a conocer tal cantidad de especies sin mucha dedicación a la taxonomía. Con relativamente poco esfuerzo, podrían producirse guías con figuras y claves de identificación para que cualquier persona interesada podría identificar las especies indicadoras en el campo. También, en los herbarios e instituciones de investigación ambiental podrían arreglarse colecciones representativas de las especies indicadoras, disponibles para que las personas interesadas puedan estudiarlas.

Con esta facilitación, prácticamente todos los que están estudiando diferentes aspectos de los bosques amazónicos, como ingenieros forestales, etnólogos, geógrafos, zoólogos y botánicos, tendrían una manera sencilla y barata para describir los



hábitats donde trabajan. Además, estas descripciones podrían ser mucho más informativas y comparables que las obtenidas hasta el momento. De esta manera, la acumulación de información sobre la variación ambiental en la Amazonía no dependería únicamente de trabajos netamente dedicados a su mapeo, sino muchas personas podrían contribuir en el desarrollo de los conceptos y la discusión sobre la distribución de hábitats diferentes.

En el caso que el propósito sea reconocer áreas para la conservación y uso de la biodiversidad, es importante poder distinguir entre áreas con composiciones de especies distintas e identificar áreas con alto nivel de endemismo. Para esto, es preferible investigar todas las especies de pteridófitas y Melastomatáceas, no solamente una parte de ellas, porque si sólo se investigan las especies cuyos comportamientos ecológicos ya son conocidos, no es posible descubrir especies desconocidas. Las pteridófitas y Melastomatáceas contribuyen casi el 10% del número total de las especies de plantas vasculares en la Amazonía peruana (Brako & Zarucchi 1993), y como se ha demostrado en Capítulo 7, sus patrones florísticos son muy parecidos a los patrones en otros componentes de la flora. Por lo tanto, si algún área parece tener especies únicas o nuevas de pteridófitas y Melastomatáceas, es probable que el resto de la flora, y posiblemente también los animales, presenten especies interesantes. Quizás el hábitat en tales áreas no ha sido descubierto en ocasiones anteriores, y vale la pena dirigir más estudios ecológicos en la zona para describirlo.

## LIMITACIONES

Un sistema basado en especies indicadoras nunca es 100 % seguro, porque es un método indirecto para estimar condiciones ambientales. En estudios que están interesados en algún aspecto específico del medio ambiente como, por ejemplo, el contenido de algún nutriente en el suelo, el uso de plantas indicadoras solo puede ofrecer una aproximación. Las plantas indicadoras pueden utilizarse para identificar variación en el contenido de nutrientes en general y en planificar el muestreo de los suelos. Pero en el mapeo exacto de la variación en el contenido del nutriente de interés es necesario hacer el análisis directamente de los suelos mismos para conseguir resultados confiables.

También hay que tomar en cuenta que el suelo solo es uno de los factores ecológicos importantes para la distribución de especies. Otro muy importante es el clima, lo cual puede ser bastante homogénea en áreas relativamente grandes especialmente en la Selva Baja. Sin embargo, la Amazonía peruana es tan grande que existen diferencias muy claras entre áreas pluviosas casi sin estaciones (como en el Norte) y áreas con menos precipitación distribuida en una manera estacional (como en el Sur) Aunque suelos semejantes pueden existir bajo ambos regímenes climáticos, esos pueden soportar especies diferentes por razones climáticas.

Otro aspecto en el uso de especies indicadoras es la biogeografía. Especialmente si especies indicadoras se utilizan en escalas regionales a continentales, es importante tomar en cuenta que no todas las especies ocurren en toda el área geográfica. Especialmente si el área es tan grande que existen sierras u otras formaciones geo-



gráficas suficientemente marcadas para limitar el movimiento de semillas o esporas, es posible que las floras en los dos lados de la barrera son diferentes. En este caso hay que adaptar el sistema de especies indicadoras de tal modo que esté basado en las especies que realmente ocurren en el área de interés.

En un sistema basado en la identificación de especies de plantas, es de suma importancia que las identificaciones se hagan con cuidado. Es muy común en la flora Amazónica, también en los helechos y las melastomátáceas, que especies que se parecen en su apariencia, por ejemplo especies de un sólo género, pueden tener preferencias ecológicas muy distintas (ver la Tabla 13.1). Pero es importante que no se confundan las especies al hacer los inventarios, porque esto podría resultar en conclusiones erróneas. Para evitar tales errores, las especies que se eligen como indicadoras tienen que ser suficientemente fáciles de distinguir en el campo de todas las especies que tienen preferencias ecológicas diferentes. Sin embargo, no es tan crítico distinguir entre especies que tienen preferencias ecológicas semejantes. Por ejemplo, las especies del género *Diplazium* (helecho) son difíciles a identificar hasta la especie, pero eso no impide su uso como indicadoras, porque todas prefieren más o menos el mismo tipo de suelo.

En principio, la sucesión de la vegetación sigue un camino determinado por las condiciones edáficas locales (Kalliola *et al.* 1991, Terborgh *et al.* 1996), pero el patrón puede ser modificado por razones no previstas, por ejemplo que las semillas o esporas de una especie por casualidad no llegan al lugar antes de que la vegetación sea demasiado cerrada para que puedan establecerse. También alguna enfermedad o un ataque fuerte de herbívoros puede exterminar la población local de alguna especie. Consecuentemente, la composición florística en el bosque puede carecer de algunas especies que deberían de estar allí según las características ecológicas, y si estas especies incluyen especies indicadoras, las conclusiones que se hacen sobre los suelos u otras características ambientales en el lugar pueden ser incorrectas.

En el caso que uno quiere estimar la abundancia de algún producto silvestre, por ejemplo el cedro, el uso de especies indicadoras puede dar resultados que no son correctos. Las indicadoras pueden sugerir que el área muestreada es apta para el crecimiento del cedro, pero la abundancia actual del cedro puede haber sido alterada, por ejemplo, por tala previa, lo cual sólo se puede apreciar con observaciones directas del recurso mismo. Sin embargo, las especies indicadoras pueden demostrar donde existen los hábitats donde vale la pena buscar al recurso de interés o tal vez tratar de reintroducirlo.

## CONCLUSIONES

Especies de pteridófitas y Melastomátáceas pueden ser utilizadas efectivamente como indicadoras de diferentes condiciones ambientales amazónicas para hacer inventarios rápidos de grandes áreas y cartografiar las características generales de las tierras y los bosques. Eso puede ser muy útil en la Selva Baja peruana, donde la alta diversidad de la flora y el extenso territorio de la región, hace difíciles y costosos los estudios. Todavía se necesitan más estudios básicos en la ecología y taxo-

nomía de las especies de pteridófitas y Melastomataceas, pero en un futuro cercano va a ser posible producir guías del campo y colecciones educativas para facilitar la identificación de las especies más útiles como indicadoras. Este sistema haría posible para cualquier investigador que trabaja en la Amazonía, no sólo los botánicos, a describir los diferentes hábitats de una manera rápida y comparable. Eso podría resultar en un rápido aumento en el conocimiento sobre los patrones geográficos de la variación ambiental y florística en la Amazonía. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que los resultados obtenidos con especies indicadoras siempre son estimaciones indirectas, y antes de sacar conclusiones para planes muy detallados de manejo, es necesario hacer estudios más específicos en las zonas de interés.





# CAPÍTULO 14

## POTENCIALIDAD DE USO DEL RECURSO BIODIVERSIDAD EN LORETO

Jukka Salo y José Torres Vásquez

---

### RESUMEN

La riqueza de especies de la Amazonía peruana es famosa en el mundo entero. Se ha contado en Mishana y Yanamono que hay más de 300 especies arbóreas por hectárea y Norman Myers ha incluido a la Amazonía peruana entre uno de los 16 “sitios críticos” de biodiversidad el mundo. Aún existe una gran parte de esta diversidad y los bosques de Loreto permanecen relativamente intactos. A pesar de su riqueza biológica, los bosques y recursos acuáticos de la Amazonía peruana no se usan acorde a su plena potencialidad. La Convención sobre Diversidad Biológica, adoptada durante la Cumbre de Río de Janeiro en 1992, promueve una amplia gama de nuevos medios para el uso sostenible de recursos genéticos, especies y ecosistemas. La Convención también ha iniciado nuevas actividades administrativas referidas al manejo y uso sostenible de la diversidad biológica. Se examina el desarrollo reciente de en la administración y legislación peruana de conjunto con los mecanismos internacionales que promueven las actividades en estas esferas. También se discute el procedimiento de certificación forestal de reciente introducción, el que ha sido desarrollado posteriormente por el proceso de Tarapoto de los países Amazónicos.

### INTRODUCCIÓN

El término “biodiversidad” está, relativa y recientemente, limitado a un marco conceptual. El concepto abarca definiciones biológicas tradicionales tales como: “la biodiversidad es la variabilidad entre genes, especies y ecosistemas” o “la biodiversidad es la riqueza de genes, especies y ecosistemas”. Sin embargo, el concepto viene siendo cada vez más relevante con respecto al uso sustentable de los recursos naturales, productos maderables y no maderables, así como una variedad de cultivos y animales domésticos.

*En: Kalliola, R. & Flores Paitán, S. (eds.) 1998. Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. Annales Universitatis Turkuensis Ser A II 114: 493-512.*

La biodiversidad es un recurso que se debe proteger de manera sabia y sustentable. Detrás de este entendimiento dual, está la observación fundamental de que las especies, hábitats y ecosistemas que no tienen valor económico, son los primeros en desaparecer. Esto sucede, frecuentemente, por alteraciones en el uso de la tierra (ver Palo 1994, Pearce & Brown 1994). El ecosistema más representativo de este problema son los bosques tropicales debido a su amplia diversidad biológica. Existen muy pocas industrias forestales que pueden utilizar bosques tan diversos como por ejemplo Mishana en Iquitos, el cual alberga casi 300 especies de árboles por hectárea (Gentry 1988). La respuesta a esta situación se debe, entre otras, a la permanente deforestación para dar paso a plantaciones o uso agrícola de la tierra.

Para cambiar este modelo, los líderes de 157 países firmaron un documento llamado "Convención sobre la Diversidad Biológica" (CBD, por inglés *Convention on Biological Diversity*), lo que se acordó entre el 5 - 14 de Junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil. Desde entonces, más de 170 países han firmado dicho Convenio, el cual entró en vigencia el 29 de Diciembre de 1993. El Perú se unió al mismo en 1995 y está construyendo una estrategia nacional junto con una serie de planes de Manejo Regional. Se estableció un sector para administrar la biodiversidad siguiendo los procedimientos establecidos por el CBD (CONABIO, CONADIB e INRENA).

Perú es uno de los 16 países poseedores de una megadiversidad biológica en el mundo. Muchos de los cultivos estratégicamente importantes como la papa, el maíz, el cacao y la piña proveen una variabilidad genética substancial, natural o doméstica, en el país. El Perú también tiene muchos cultivos nuevos y promisorios, algunos de los cuales están ya siendo usados en la región (e.g. quinua, oca, ñu, olluco). Muchas de estas especies provienen de los Andes y han ganado un amplio interés en la investigación. Este sector de investigación y estudio ha generado importantes fondos externos. De igual manera la biodiversidad de la costa marina, de importancia global en el Perú, ha sido estudiada de manera relativamente adecuada. Se ha compilado recientemente el Estudio País sobre Diversidad Biológica del Perú (INRENA-DGANPFS 1997).

Sin embargo, es la Amazonía peruana (selva alta y selva baja), uno de los lugares más importantes a nivel mundial de biodiversidad tropical. Los principales elementos de esta biodiversidad están en la actualidad bajo amenaza debido a la deforestación y a cambios socio-económicos.

El desarrollo, ha causado una necesidad inminente de un mejor entendimiento de los procesos biológicos del pasado y del presente, los que mantienen y dan salida a la alta riqueza de especies del área. La falta de un entendimiento en las distribuciones geográficas, modelos de endemismo, la riqueza de especies y la dinámica edáfica del bosque (ver los Capítulos 5 y 7) está, efectivamente, impidiendo una planificación adecuada para lograr la conservación y uso sustentable de la biodiversidad en la selva baja.

Para encontrar modos de uso sustentable de la biodiversidad boscosa de Loreto, los nuevos mejoramientos traídos por el CBD pueden ayudar a paliar este problema. La actual estabilidad en el país, pone grandes esperanzas en los recursos genéticos de la Amazonía. El CBD implica que los recursos genéticos silvestres de cultivos internacionalmente populares como la piña, yuca, cacao, ñu de gato y papaya, pueden ser solamente colectados con permiso y consentimiento del país de origen.

Como parte de este acuerdo, es privilegio del país de origen, los derechos u otras compensaciones económicas. Este desarrollo dirige fuertemente la necesidad de entrelazar los acuerdos entre el país de origen y los socios que deseen desarrollar a futuro los recursos genéticos en los campos de crianza de animales y plantas, industria farmacéutica o biotecnología.

Aquí exploramos algunos de los probables caminos para la implementación que se puede tomar en el caso de Loreto-Perú. También se estudia el potencial de productos maderables y no maderables del sector incluyendo los recursos genéticos. También se ha considerado el concepto de la certificación de los productos del bosque (Propuesta de Tarapoto). Con todas estas informaciones queremos llamar la atención sobre la zona de Iquitos, como una de las más ricas en el mundo entero en el recurso de biodiversidad, y en el potencial que este recurso ofrece, en los nuevos caminos para el desarrollo económico para la zona. Sin embargo es necesario que las actividades se efectúen en armonía con la legislación nacional e internacional de este recurso.

## DIVERSIDAD BIOLOGICA EN LORETO

El Perú es uno de los países de mayor diversidad biológica en el mundo (Heywood & Watson 1995). Por ejemplo, el 13,8 % de la flora endémica mundial y el 27 % de todas las especies de plantas se encuentran en Perú y también existe un gran número de ecosistemas diferentes en este país. La complejidad natural, en el nivel de ecosistemas o zonas de vida, se manifiesta en la identificación de 84 zonas de vida (81,5 % del total existente en el planeta) y 17 formaciones transicionales; y la complejidad natural, en el nivel de biomas o provincias biogeográficas, se expresa en la identificación de 16 provincias biogeográficas (INRENA-DGANPFS 1997). El potencial económico de la biodiversidad peruana es excepcionalmente alto en los términos de valor genético, producto forestal, agricultura y valor socio-económico.

Estudios recientes (Tuomisto *et al.* 1995, Capítulo 7), indican que la Amazonía peruana es un complejo de varios y distintos tipos de bosques. Este hecho es altamente contrastante con la visión anteriormente común de la Amazonía, que la región era relativamente uniforme y sin diferencias florísticas marcadas (Sioli 1994). Una gran parte de la heterogeneidad revelada, está relacionada con la estructura edáfica de los suelos, el cual, refleja la compleja historia geológica de la sedimentación (Räsänen *et al.* 1995, Capítulos 4, 5, 6 y 12).

El Departamento de Loreto aún carece de estudios correspondientes a la biodiversidad, tal como está definido por las metodologías del Banco Mundial o la PNUMA (UNEP 1993), que están dirigidas a indicar el potencial de la biodiversidad para su conservación o uso sustentable. Sin embargo, varios y recientes estudios indican que el potencial de los productos maderables y no maderables de la región están en la parte más alta de la Amazonía (Browder 1989, Peters *et al.* 1989, Pinedo-Vásquez & Jip 1992, Brack 1992).

El potencial de los productos del bosque debido a sus valores de biodiversidad (Pearce & Moran 1994) así como por su valor de recursos genéticos, han generado



poco interés. Esto se debe a que la estrategia peruana para la biodiversidad está todavía en su fase inicial y las estructuras económicas o la regulación de la legislación del comercio de estos productos, están aún por darse. Además, el potencial del Departamento de Loreto en el emergente "mercado verde" internacional, ecoturismo o como área para desarrollar reservas extractivas aún no ha sido evaluado.

## CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

### EL ENFOQUE

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) no es un enfoque tradicional a los problemas de conservación. Además de los objetivos de conservación clásicos de la diversidad biológica, subraya enfáticamente los problemas económicos relacionados al uso sustentable de los recursos biológicos. Daniel Janzen formuló este aspecto del Convenio en su famoso lema: "biodiversidad - júselo o piérdalo!". La diversidad biológica no puede considerarse a salvo si únicamente se establecen áreas de protección.

El CBD es un convenio internacional de marco legal, negociado bajo el conocimiento de la UNEP (Programa Medioambiental de las Naciones Unidas). En primer lugar, el Convenio tiene un nivel de Ley Internacional, uniendo legalmente aquellas naciones que lo ratificaron (Partes Contratantes del Convenio). En segundo lugar, el CBD no proporciona legislación alguna o principios que toda nación o país debería adoptar. Las Partes Contratantes del Convenio están obligadas a desarrollar su legislación nacional y las estrategias del país, de acuerdo a los objetivos nacionales establecidos. En el caso del Perú, este principio ha conducido al establecimiento de grupos, los que guían la implementación, legislación y planes estratégicos del CBD en el país. En tercer lugar, el Convenio fomenta la administración local, grupos de investigación y al sector privado para desarrollar actividades bajo los principios y objetivos del mismo. Finalmente, el Convenio brinda varias opciones para la financiación de actividades derivadas de los principios del mismo.

Esta financiación es factible para los grupos interesados a través de variados mecanismos, siendo la mayor parte financiado por el "Global Environment Facility" (GEF). Se han iniciado otras actividades, incluyendo mecanismos para transferir tecnología relacionada a la biodiversidad a través de un sistema llamado Clearing House (e.g. biotecnología, manejo de base de datos, expertos en el establecimiento de colecciones biológicas e intercambio de los mismos, ver IUCN 1994).

### CBD EN EL CONTEXTO GLOBAL

El CBD enfoca al uso sustentable de los recursos biológicos para beneficiar a las partes contratantes del convenio, con especial referencia para los países en desa-

rrollo. Simultáneamente, constituye un ensayo para mejorar los esfuerzos en materia de conservación de especies y ecosistemas.

Para especificar las necesidades para los planes nacionales y programas sobre protección y uso sustentable de la diversidad biológica, es necesario definir los principales conceptos del Convenio. Es importante enfatizar que "la diversidad biológica" en el CBD es un concepto muy amplio que incluye a todos los organismos vivos, analizados en diferentes niveles: global, por regiones biogeográficas, por especies, por recursos genéticos, a nivel de procesos. El término recurso biológico está definido incluyendo los recursos genéticos, los organismos o partes de ellos, las poblaciones o cualquier otro tipo del componente biótico de los ecosistemas de valor o utilidad real o potencial para la humanidad.

La protección de la diversidad biológica a nivel global significa, antes que nada, la preservación de las regiones biogeográficas y los principales ecosistemas. A nivel de especies incluye el mantenimiento de todas las especies y sus hábitats, inclusive los procesos funcionales de dichos ecosistemas. Finalmente, los niveles de recursos genéticos pueden ser definidos como una variabilidad genética del material genético - prerequisite para las aplicaciones tecnológicas que usan sistemas biológicos y organismos vivientes derivados de aquellos - para hacer o modificar los productos o procesos para uso específico.

Los sujetos sectoriales de la diversidad biológica incluyen aspectos legales, regulaciones y el control de especies o poblaciones extranjeras, regulación de organismos genéticamente modificados, educación, investigación y cooperación regional. El Convenio define, de modo relativamente preciso, los significados y objetivos de conservar la diversidad biológica:

- Elaboración de estrategias para la conservación de la diversidad biológica (Artículo 6),
- inventario de la diversidad nacional y el monitoreo de las tendencias actuales (Artículo 7),
- implementación de formas para la protección *in situ* y *ex situ* y la introducción de principios para la protección y uso sustentable (Artículos 8, 9 y 10),
- introducción de incentivos económicos que favorecen a la protección (Artículo 11),
- investigación y educación para mejorar los conocimientos y el nivel de conciencia (Artículos 12 y 13),
- minimización de los impactos negativos producto de la actividad económica del hombre sobre la diversidad biológica (Artículo 14),
- principios para compartir justa y equitativamente el potencial económico de la diversidad biológica (Artículos 15 y 16).

El Convenio está manejando el problema de la desaparición de la biodiversidad al poner un valor económico de ésta, reconociendo los derechos soberanos de cada país sobre sus recursos genéticos (WRI-IUCN-UNEP 1992). El otro enfoque es el de facilitar transferencias de tecnologías relacionadas a las industrias farmacéuticas, agronómicas y de tecnología genética de los países donantes hacia los países re-

ceptores. Se considera este aspecto para promover el interés en el estudio, protección y uso sustentable a largo plazo de los ecosistemas en su estado natural los cuales, frecuentemente, están sujetos al desarrollo de la tierra para otros propósitos.

Un principio guía en el Convenio viene a ser un balance entre el enfoque de conservación y de que los recursos biológicos sólo pueden ser mantenidos a largo plazo a través de un desarrollo económico sostenible. Para promover estos objetivos, el Convenio ha establecido varios medios:

- Establecimiento de un mecanismo de financiación (*Global Environment Facility*, GEF) para ayudar que los países en vías de desarrollo cumplan los contenidos del Convenio;
- inicio del Programa "Country Studies", bajo la guía del Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP), que establece un programa para estudiar los componentes de la diversidad biológica en cada país y ayuda a las naciones a enfocar sus políticas sobre uso sustentable de su biodiversidad;
- establecimiento de la Conferencia de las Partes Contratantes, donde los países miembros del Convenio formulan las políticas de implementación del mismo;
- establecimiento de la secretaría internacional, la que está localizada en Montreal (Canadá), bajo la dependencia de la UNEP;
- desarrollo del *Clearing House* para la transferencia de tecnología, que asistirá a los gobiernos y grupos de administración regional a localizar y facilitar tecnologías apropiadas para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, especialmente de los recursos genéticos;
- establecimiento de un *Panel Técnico y Científico* (*Scientific and Technical Advisory Panel*, SBSTTA), el cual operará bajo la Conferencia de las Partes Contratantes como un consejero en problemas científicos.

## METODOLOGÍA PROPUESTA POR LA PNUMA

El comité Inter-Gubernamental para la Conservación de la Diversidad Biológica en la Resolución 2 (Nairobi, el 22 de Mayo de 1992) da los siguientes pasos para la implementación del Convenio sobre Diversidad Biológica a un nivel nacional:

**Asistencia a los gobiernos** sobre requerimientos en trabajos para la preparación de estudios de campo, en reconocimiento de su importancia en el desarrollo de sus estrategias de biodiversidad nacionales y su plan de acción:

- La identificación de componentes de la diversidad biológica es de importancia para su conservación y uso sustentable, incluyendo la colección y evaluación de los datos necesarios para el monitoreo efectivo de los mismos;
- la identificación de procesos y actividades que tienen un impacto adverso sobre la diversidad biológica así como aquellos que los tienen probablemente; y



- ❑ sugerir acciones prioritarias para la conservación de la diversidad biológica y el uso sustentable de sus componentes.

**Organización para la elaboración de una agenda** para la investigación científica y tecnológica sobre la conservación de la biodiversidad y el uso sustentable de sus componentes. Recientemente, los expertos de la UNEP han elaborado dos documentos, que son de gran ayuda para definir los objetivos regionales así como los objetivos prácticos, que benefician al Convenio *Normas para Estudios de Pías sobre Diversidad Biológica (Guidelines for Country Studies on Biological Diversity)* e Informe del Panel I: Prioridades para la acción en la Conservación y Uso Sustentable de la biodiversidad y la Agenda para la Investigación Científica y Tecnológica (UNEP/Bio.Div./Panels/Inf. I). Se han escogido cuatro pasos de la mayor importancia para la implementación del Convenio sobre Diversidad Biológica:

**Paso 1: Tomar acciones**, es el proceso de reunión y análisis de los datos para identificar las brechas y los conflictos potenciales que podrían ser revelados por dichos datos y revisar el arreglo de posibles medidas de conservación. Esto incluye la colección de datos sobre el estado y sus recursos biológicos, identificación de los tratamientos, evaluación de capacidades comunes, colección de datos socioeconómicos, la sustentabilidad en el uso de la biodiversidad y la estimación de gastos sobre las actividades relacionadas con la biodiversidad.

**Paso 2: Establecer Prioridades y Preparar un Plan de Acción**, consiste en la formulación de las estrategias y planes de acción.

**Paso 3: Tomar Acción**, es la implementación de acciones para la conservación y uso sustentable de la diversidad biológica. Esta incluye toda clase de acciones tales como la implementación de políticas, manejo mejorado de áreas de conservación, incentivos para promover la adopción de nuevos métodos de uso sustentable, desarrollo de instrumentos económicos para integrar la biodiversidad en los sistemas de contabilidad nacional, cumplimiento de la legislación nacional, programas de investigación, monitoreo de la biodiversidad y otras actividades.

**Paso 4: Evaluar**, es la evaluación de la efectividad de las acciones, incluyendo el monitoreo del progreso en la implementación de las acciones propuestas.

## IMPLEMENTACIÓN DEL CBD EN EL PERÚ

La estrategia para la biodiversidad nacional en el Perú está siendo compilada con principal énfasis en los ecosistemas de la Costa y la Sierra. La formulación de una estrategia nacional es necesaria para establecer los programas a largo plazo en cooperación con el mecanismo financiero del CBD y la *Global Environment Facility* (GEF). Junto a la CBD, existen en el Perú otras convenciones para la conservación de la biodiversidad, destacando entre ellas:

- ❑ 1940: Convención Internacional para la Protección de la Flora, la Fauna y las bellezas escénicas Naturales de los Países de América. Washington D.C., firmaron 17 naciones.

- ❑ 1973: Convención para la protección del patrimonio Mundial, Cultural y Natural. Firmado en Washington.
- ❑ 1973: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres (CITES), firmada en Washington en 1973 y suscrita por el Perú el 30/12/74 en Berna/Suiza.
- ❑ 1976: Convención sobre defensa del Patrimonio Arqueológico y Artístico de las Naciones Americanas (Convención de San Salvador), se firmó en Chile.
- ❑ 1985: Convenio para la protección de la capa de Ozono (Viena, 1985). Protocolo del Convenio firmado en Montreal en 1987.
- ❑ 1975: Postulados y recomendaciones para la protección de la vida silvestre para la Amazonía.
- ❑ 1975: Perú – Brasil, Acuerdo para la Conservación de la Flora y Fauna.
- ❑ 1979: Maroz, firmó Acuerdo para la Conservación de la Flora y Fauna de los territorios amazónicos Perú-Colombia.
- ❑ 1992: Febrero. Declaración de Manaus. Políticas regionales sobre recursos biológicos.
- ❑ 1996: Decisión 391 sobre el Régimen Común de acceso a los recursos genéticos (Países Acuerdo de Cartagena Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela).

### **Marco Institucional**

Los equipos de Gobierno recientemente establecidos, Comisión Nacional para el Ambiente (CONAM) y la Comisión Nacional para la biodiversidad (CONADIB), tienen la labor de guiar e implementar las actividades del CBD en el Perú. El Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) da servicios de implementación en el sector de biodiversidad y coordina las actividades entre instituciones de investigación, universidades y el sector privado.

El CONAM se creó por Ley, en Diciembre de 1994 como el grupo supremo normativo directamente por el Consejo de Ministros. CONAM se estableció para consolidar una política ambiental y dar pautas hacia los esfuerzos hechos por los diferentes ministerios, entidades públicas y privadas así como organizaciones nacionales e internacionales para preservar el ambiente. Las actividades del CONAM incluyen:

- ❑ La definición de los estatutos del CONAM;
- ❑ estudio de la legislación ambiental y de los problemas institucionales en el Perú;
- ❑ formulación de un Plan Maestro Ambiental para el Perú el que definiría el Sistema Nacional Ambiental (SNA) y el Sistema de Información Ambiental Nacional (SINIA);

- la implementación de Módulos Regionales Ambientales los que se integrarán a los niveles local y nacional de la administración ambiental.

La **CONADIB** funciona bajo la guía de CONAM (Ley 26110) con responsabilidad primaria del sector sobre conservación y manejo sustentable de la biodiversidad en el Perú. La CONADIB tiene un carácter abierto y puede convocar a personas naturales o jurídicas especializadas en el tema. Las principales responsabilidades de la CONADIB son de coordinar las actividades del sector público y privado en el campo de la diversidad biológica; y de llevar a cabo las obligaciones nacionales del Convenio sobre la diversidad biológica.

El **INRENA** es una institución pública descentralizada bajo la dirección del Ministerio de Agricultura, que tiene la tarea de regular, supervisar y promover actividades relacionadas con el uso sustentable de los recursos naturales y ambientales, junto con la participación del sector privado. INRENA tiene la tarea de coordinar y liderar actividades del Estudio País del Perú (*Peruvian Country Study*) sobre biodiversidad, para dar la base de manejo y monitoreo de la diversidad biológica a nivel nacional y para promover una estrategia así como un plan de acción para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad. INRENA mantiene cooperación técnica entre las universidades, institutos públicos y privados, así como con ONG's, con quienes la tarea es llevada con las necesarias coordinaciones para establecer y reforzar los centros de datos a nivel regional. INRENA ha sido asignado como el Centro Nacional para el Monitoreo de la Diversidad Biológica en el Perú y las principales áreas administradas por el INRENA son: facilitar la comunicación entre científicos y quienes toman decisiones sobre las políticas de biodiversidad; recabar información sistematizada para mantener la realización de las estrategias nacionales de conservación; uso sustentable de la diversidad biológica; y establecimiento de un Centro Nacional para la biodiversidad y Centros Nacionales para el Manejo de la misma.

El **Centro Nacional para la Diversidad Biológica**, se estableció para el desarrollo de ocho centros regionales localizados en las ciudades de Cajamarca, Piura, Puerto Maldonado, Huaraz, Curzco, Iquitos, Huánuco y Arequipa. Este Centro promocionará el uso e intercambio de información científica y tecnológica sobre la biodiversidad y monitoreará el estado y naturaleza de la biodiversidad en el Perú. Los Centros Regionales están exceptuados de ser reforzados, a través de una amplia capacitación personal, materiales y equipo moderno, también como el acceso a Internet.

El **Tratado de Cooperación Amazónica (TCA)** está desarrollando activamente criterios e indicadores para el manejo sustentable de la vida silvestre, criadores y el manejo sustentable forestal. Además, intenta desarrollar métodos para el uso sustentable de los recursos biológicos de la Amazonía y una legislación para la biodiversidad. En concreto, las siguientes actividades están siendo llevadas a cabo:

La formulación de criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad de las poblaciones silvestres; la formulación de criterios e indicadores para el manejo sustentable de la flora silvestre en viveros y plantaciones forestales; la formulación de criterios e indicadores para la valoración económica de los recursos de flora y fauna silvestre; y la formulación de criterios e indicadores para la administración y el refuerzo de áreas naturales protegidas en la Amazonía.



## **Legislación de la Diversidad Biológica y los recursos genéticos en el Perú**

El marco legal para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad en el Perú, está aún siendo formulada (ver el Capítulo 8). Parte principal de la legislación se desarrolló con antelación al UNCED - procedimiento y adopción sobre el Convenio de Biodiversidad. Sin embargo, un desarrollo más amplio está en camino para modernizar la estructura legal.

De la legislación existente, la Ley de Tierras (Decreto Legislativo No. 2606), especialmente el Artículo 12 sobre áreas ecológicas protegidas en la Amazonía peruana, tiene una importancia directa sobre los problemas de biodiversidad. Existen otros tres procedimientos de legislación que se están elaborando, los cuales vienen siendo circulados para su comentario, procedimiento que se realiza antes de su sometimiento ante el Congreso: Ley de Aguas, Ley Forestal y Ley sobre Recursos Genéticos y Derecho de Propiedad Intelectual de los Indígenas.

La base legislativa general para la biodiversidad se encuentra en los artículos 67 y 68 de la Constitución peruana, promulgada en 1993. El gobierno está por establecer mecanismos para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad. De la misma manera, se estableció que el Estado está obligado a promover la conservación de la biodiversidad y áreas naturales protegidas. El Código del Medio Ambiente y de Recursos Naturales, promulgada a través del D.L. N° 613, constituye otro marco legal para proteger la biodiversidad. En esta legislación, el Convenio de Diversidad Biológica, ratificado por el Perú (R.L. N° 26181) está incorporado como si tuviera la condición de ley.

Los problemas de derecho a la propiedad intelectual relacionado a la biodiversidad, así como los pasos legales para garantizar la propiedad nacional de los recursos genéticos, no están aún adecuadamente establecidos, lo cual es una situación que prevalece en la mayoría de países signatarios del Convenio. El TCA, del cual el Perú es miembro ha desarrollado políticas relacionadas a la biodiversidad (ver e.g. Patentes, Propiedad Intelectual y Biodiversidad Amazónica - TCA 1996).

### **Situación en Loreto**

En el marco legal general de la capacidad de desarrollo de la diversidad biológica en el Perú, la región de Loreto - poseedor de una gran cantidad de recursos biológicos así como de las principales entidades de investigación, como la UNAP y el IIAP - tiene un rol trascendental. En primer lugar, Loreto ha sido identificada como uno de los sitios más ricos en la cuenca Amazónica con relación al número de plantas vasculares, incluyendo los árboles (Myers 1990). En segundo lugar, la región de Loreto (Provincia de Maynas), brinda un escenario donde las facilidades para la investigación están localizadas en medio de un bosque relativamente virgen así como dentro de un conjunto de ecosistemas acuáticos, que dan la oportunidad de estudio, colección y cultivo factible de especies biológicas económicamente importantes. Este hecho también es de importancia, ya que permite la posibilidad de coleccionar datos específicos sobre las especies, así como la obtención de una comprensión del uso tradicional de estos recursos.

La biodiversidad de Loreto es aún mal conocida, debido a la falta de investigación y colecciones. Las colecciones actúan como punto de referencia para observar los cambios en exceso de la biodiversidad y da así información de la situación de la misma. La colección de especímenes es importante para el uso económico de plantas, animales, hongos y otros, incluyendo su potencial como recursos genéticos para la industria farmacológica, biotecnológica así como para la crianza de animales y plantas.

Aún cuando hay experiencias de algunos intentos para mostrar la posibilidad del manejo sustentable en la selva baja del Perú, éstas aún siguen siendo insuficientes. Los criterios fundamentales que se apliquen para el ordenamiento y la definición de pautas del manejo deberán sustentarse en el conocimiento del suelo, la composición del bosque y otras condiciones ecológicas. Hay que subrayar el escaso conocimiento que hay aún de estos ecosistemas y que las técnicas utilizadas hasta ahora resultan todavía insuficientes como para poder entender todos los factores que interactúan en el bosque de la selva baja.

En el Perú existen herbarios y museos zoológicos que tienen importantes colecciones biológicas y cuyos servicios pueden tener alto valor en el desarrollo de métodos sustentables para utilizar las selvas de Loreto. Por ejemplo en Lima existen los Museo de Historia Natural de la Universidad de San Marcos y el herbario de la Universidad Agraria La Molina, y en Iquitos funcionan los institutos IIAP y UNAP. Recientemente, la UNAP ha construido un nuevo edificio para el Herbarium Amazonense, que facilita el procesamiento y almacenamiento efectivo de las colecciones. De igual manera, la construcción e implementación del Centro de Investigación e Información de Suelos Amazónicos (CRISAP) de la UNAP facilita la integración de información biológica con las condiciones de suelo. Las colecciones *ex situ*, como por ejemplo los jardines botánicos, son todavía muy escasos en el país, aunque ya existe planes de establecer el Jardín Botánico "El Huayo".

En síntesis, Iquitos tiene la justificación necesaria para llegar a ser uno de los ocho centros regionales de biodiversidad en el Perú. Cuando esta capacidad sea desarrollada, se tomará ventaja de la significativa cobertura.

## EVALUACIONES DE MANEJO DE BIODIVERSIDAD

### Banco de datos

Muchos elementos importantes de información concernientes a la biodiversidad del Perú están localizados fuera del país. Esta información incluye una base de datos así como datos geográficos, colecciones y documentación escrita. Por ejemplo, muchas de las publicaciones que tienen información sobre especies peruanas y recursos genéticos no están disponibles en las bibliotecas de las instituciones del mismo país. Consecuentemente, un elemento importante de la capacitación institucional en el sector consiste en disponer de estos datos en el país de origen.

La información que existe sobre la biodiversidad y los recursos naturales del Perú se pretende compilarla en el sistema de información del Centro Nacional de

Biodiversidad y los ocho Centros Regionales. También las universidades y las instituciones de investigación tienen bases de datos importantes, los más notables son: UNMSM, el Centro de Biodiversidad de la Universidad La Molina y el IIAP en Iquitos, así como la UNAP. Muchas instituciones usan Sistemas de Información Geográfica para reunir y analizar los datos y como herramienta de planeamiento pero la carencia de coordinación interinstitucional ha evitado la formación de una base de datos funcional y nacional sobre la biodiversidad. La falta de coordinación conduce a esfuerzos innecesarios y a la pérdida de los recursos escasos.

Las decisiones relacionadas con los tipos de información que se recolectarán en el estudio de campo debe hacerse en el contexto de las necesidades de planeamiento de Loreto. Existen varias tentativas para homogenizar el tipo de datos colectados durante el proceso de estudio de campo, pero no hay reglas estrictas para esto. Para obtener un modelo se puede consultar los sistemas utilizados en los bancos internacionales de datos sobre biodiversidad, tales como:

- *World Conservation Monitoring Center /IUCN/UNEP;*
- *Biodiversity Information Network 21 (BIN21):* Internet-basada en información general sobre biodiversidad, de los seis países participantes;
- Las instituciones relacionadas al Convenio y sus bases de datos: UNEP/GRID, Secretaría de biodiversidad - GEF - *Clearing House* (PNUMA, Montreal)

En cuanto a Loreto, el desarrollo de un banco de datos puede tomar los siguientes pasos:

- Describir las categorías de los componentes de la biodiversidad;
- evaluar metodologías para la identificación, caracterización y clasificación de la biodiversidad y sus componentes;
- identificar metodologías para detectar direcciones negativas que afecten a la biodiversidad;
- promover cambios de información en las metodologías existentes a través de variados sistemas de información, especialmente mediante el uso del SIG.

## EVALUACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Se han desarrollado metodologías para evaluar el potencial de la biodiversidad en términos de uso sustentable y conservación, muchas de ellas relevantes para su uso en Loreto.

El Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA) ha establecido un equipo de expertos sobre los costos, beneficios y necesidades no conocidas de conservación y uso sustentable de la biodiversidad. Se preparó un documento conocido como "*Guidelines for Country Studies on Biological Diversity*", diseñado para asistir a países que emprenden tales estudios. Los anexos técnicos de las guías identifican cuatro categorías de información necesaria: factores socio-económicos que



afectan la biodiversidad, datos biológicos, la evaluación de beneficios, y costos y valores netos monetarios de la biodiversidad.

El grupo subsidiario para el Consejo Científico, Técnico y Tecnológico del Convenio sobre la diversidad biológica (SBSTTA) ha desarrollado varios procedimientos y guías los que son de relevancia directa para Loreto. En relación con evaluaciones futuras, el SBSTTA identificó en sus recomendaciones la necesidad de una revisión de metodologías ya desarrolladas. Además se recalca la importancia central de indicadores de la biodiversidad en las evaluaciones. Algunas de las técnicas de evaluación más prominentes de la biodiversidad son: Análisis desarrollado por el *U.S. Fish and Wildlife Service*; evaluación ecológica desarrollada por el *Nature Conservancy* (TNC); talleres en conservación de la biodiversidad desarrollado por el *Conservation International*; RAP: *Rapid Assessment Programme*, desarrollado por el *Conservation International*; y métodos desarrollados por la *University of Pennsylvania* en conjunto con la INBIO (Costa Rica).

## USO SUSTENTABLE DE LA BIODIVERSIDAD EN LORETO

Los bosques de la selva baja del Perú adquieren particular importancia por su biodiversidad y porque están recibiendo fuertes presiones de deforestación. Sin embargo el manejo forestal constituye una manera de utilizar los bosques Amazónicos sin destruirlos, y también existen varios campos promisorios para el desarrollo sustentable de la biodiversidad en Loreto (Tabla 14.1). Ordenar, aprovechar e industrializar los productos y venderlos; para reponer luego el bosque. A continuación, vamos a tratar algunos de ellos en mayor detalle para presentar unos ejemplos concretamente sobre recursos que tienen una alta potencialidad económica.

### PRODUCTOS DE MADERA

La conservación de los bosques tropicales, a través del manejo forestal, no es una propuesta nueva. El Programa de Acción Forestal en los Trópicos, que la FAO y otros organismos multilaterales promocionan, tratan de ayudar a los países en desarrollo, a poner fin a la destrucción y a la degradación de los bosques tropicales con métodos diferentes a la conversión de toda su extensión en Parques Nacionales, Reservas Forestales y otras unidades de conservación. Una de ellas es el manejo forestal que puede ser desarrollado como un camino para la conservación del bosque tropical.

La industria deberá diversificarse en función de los productos posibles que existen en el bosque. Es imposible establecer industrias tan grandes como en los países de bosques templados; los problemas de tecnología, financiación, mano de obra, materia prima, mercados y transporte son factores tremendamente limitantes. Resulta mucho más difícil manejar los bosques tropicales, en comparación con los bosques templados de coníferas, sobre todo, si la industria está condicionada a

factores de calidad, precios, sistemas de comercialización y economías de escala. Sin embargo, como todo negocio, el manejo forestal en las selvas de Loreto deberá ser económicamente rentable.

Tabla 14.1. Ejemplos de campos promisorios para el desarrollo de la biodiversidad en Loreto.

TIPO	DETALLES
<b>Forestería tradicional y productos maderables</b>	Manejo sustentable de recursos maderables promisorios; son muchas especies en la Región de Loreto.
<b>Productos maderables enfocados hacia los "mercados verdes" por la implementación de procedimientos</b>	Los productos forestales cosechados y/o producidos por la metodología promovida por el <i>Forest Stewardship Council</i> u otros grupos acreditados. Los productos pueden incluir: productos maderables producidos en bosques certificados, productos maderables producidos por productores certificados (empresas privadas), productos maderables producidos por cooperativas y productos maderables producidos por convenios con indígenas.
<b>Productos no maderables tradicionales</b>	Desarrollo de la producción de extracción, por ejemplo frutos, fibra y resina vegetal.
<b>Productos no maderables tradicionales conjuntamente con esfuerzos de conservación</b>	Productos cosechados por convenio con instituciones dedicadas a la conservación de los recursos, instituciones de investigación, empresas privadas que canalizan parte de los impuestos hacia esfuerzos en conservación, ONG's o comunidades locales/indígenas.
<b>Recursos genéticos</b>	Recursos genéticos de plantas y animales, acceso a variedad de especies silvestres así como especies cultivadas, especies con potencial para uso farmacéutico, especies con potencial para uso biotecnológico.
<b>Uso sustentable del recurso animal</b>	Por ejemplo pesca sustentable basada en el uso de peces ornamentales, peces ornamentales certificados, uso sustentable de las aves silvestres.
<b>Uso económico de selvas en estado natural</b>	El ecoturismo ya es una industria importante en la zona de Iquitos y esta economía sí tiene una alta potencialidad de crecer, especialmente si no se destruyen la base de esta atracción en las cercanías de la ciudad.

La madera de la Amazonía peruana y su potencial económico han sido objeto de numerosas revisiones (Malleux 1982, Arostegui 1982, Valderrama & Arostegui 1986, Dourojeanni 1990, Valderrama 1994). En la actualidad, su utilización es principalmente la explotación selectiva de especies valiosas en bosques no manejados. El bajo precio de la madera amazónica es un factor que limita su explotación; la industria maderera no realiza deforestación en gran escala.

Se ha estimado que 56 especies maderables han sido evaluadas por su potencial económico INRENA-DGANPFS (1997). Esta cifra permite formarse la idea que las especies maderables no evaluadas pueden representar un alto potencial, pues se estima que el número total de especies de árboles en la Amazonía peruana excede los cinco mil.

Actualmente, el comercio de los productos maderables necesita ajustarse a la gran inquietud global sobre la desaparición de los bosques tropicales. Aún cuando en el Amazonas esta preocupación no es producto de la industria forestal como tal, sino de la conversión de la tierra para el pastoreo y la agricultura, el mercado de la madera tropical amazónica se encuentra afectado por las reflexiones ambientales. A finales de los años 80, algunas organizaciones ambientales de Europa y los Estados Unidos promovieron medidas reguladoras estrictas sobre la importación de madera tropical. En algunos casos, fueron sugeridas amenazas de boicoteos sobre todas las maderas provenientes de bosques tropicales naturales o semi-naturales (Heywood & Watson 1995).

Durante los años 1990, estas inquietudes ambientales han tomado un nuevo enfoque. El enfoque actual en la economía ambiental indica que los bosques tropicales que contienen especies de precio bajo o inexistente están expuestos a opciones de uso alternativo de la tierra, y por consiguiente tienen una mayor probabilidad de ser deforestados. Se considera que la producción sostenible de maderas, es una condición necesaria para mantener amplias áreas de bosques tropicales fuera de las áreas protegidas (Heywood & Watson 1995), aún cuando existen también críticas al respecto (di Castri and Younès 1996).

La pregunta clave consiste en definir el concepto del "manejo sostenible del bosque". Existe un interés creciente en los consumidores de maderas tropicales por conocer el estatus ambiental de sus compras. Para cumplir con esta exigencia, el enfoque de la certificación forestal ha sido incluido en la mayoría de las áreas de producción de madera tropical. El objetivo de la certificación forestal es (i) introducir criterios e indicadores que evalúen las condiciones de la producción forestal en los bosques tropicales y (ii) desarrollar procedimientos de certificación y auditoría para las maderas.

A nivel global, estos criterios e indicadores se han desarrollado bajo la tutela regional de las Naciones Unidas, *International Panel for Forests* (IPF, actualmente *International Forum for Forests*). En la Amazonía, estos se han desarrollado bajo el Proceso de Tarapoto (TCA 1995). El objetivo del Proceso es definir criterios de manejo específico en distintos tipos de bosques amazónicos. En la actualidad, el mayor obstáculo para el desarrollo de estos criterios es la falta de una adecuada clasificación forestal, debido a la alta heterogeneidad ambiental de la selva baja del Amazonas.

El proceso de certificación y auditoría de los productos forestales ha sido objeto de intensos debates en distintas regiones. Aún cuando el proceso de certificación se considera un ejercicio sin complicaciones, los aspectos ecológicos, económicos y sociales requieren de consideraciones locales y regionales. Además, muchos aspectos básicos de la ecología forestal (por ejemplo, dinámicas de regeneración, efectos de la explotación, interacciones bióticas) simplemente se desconocen en la mayoría de los tipos de bosques amazónicos.



Sin embargo, los productos forestales tropicales tienen un importante mercado internacional. En Loreto existe la necesidad de desarrollar aún más los conceptos de certificación como elementos del Proceso de Tarapoto (ACT 1995).

## PRODUCTOS NO MADERABLE TRADICIONALES

En Loreto, existen alrededor de 40 especies que se encuentran sujetas a la explotación de productos no maderables tradicionales. Entre ellos sobresalen tres especies (camu camu, pijuayo y uña de gato) con alto potencial de uso local, nacional e internacional. Varias instituciones realizan esfuerzos de investigación, sobresaliendo la Universidad Nacional de la Amazonía peruana, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, INIA y UNA.

### Camu camu

El camu camu (*Myrciaria dubia*), es un arbusto que alcanza hasta 4 m de altura, crece en las orillas de los ríos, cochas y cursos menores de agua en la Amazonía. Su distribución natural concentra las mayores poblaciones de gran diversidad, en la Amazonía peruana, en el Departamento de Loreto, a lo largo de los ríos Ucayali y Amazonas y sus afluentes. Los frutos del camu camu representan unos de los productos más promisorios en la Región de Loreto (TCA 1996). Se han realizado prospecciones de germoplasma de esta especie por el INIA (Mendoza *et al.* 1989) y se han efectuado investigaciones sobre su autoecología, métodos de propagación, manejo en vivero, cultivo en áreas inundables, promoción del cultivo en campos de agricultores, procesos de transformación e industrialización y zonificación ecológica y económica.

Actualmente, se promueve su cultivo comercial por parte del Estado a través del Ministerio de Agricultura, Dirección Regional de Loreto; también en convenio con el IIAP y la participación de otras instituciones públicas y privadas, así como de organizaciones de productores. Su comercialización ocurre en el mercado local, y en volúmenes relativamente menores se comercializa en el mercado internacional, se exporta principalmente al Japón.

Las perspectivas del camu camu son bastante favorables, por cuanto presenta ventajas comparativas en relación a otras regiones geográficas más distantes ecológicamente de su ambiente natural; dispone de germoplasma y de tecnología desarrollada por las instituciones para su adecuado manejo; cuenta con áreas de tierras aluviales recientes con adecuada fertilidad natural, "restinga", que es propicia para su cultivo; y el principal recurso humano que habita en éstos ambientes, está lo suficientemente motivado por la expectativa económica del cultivo y el apoyo técnico y crediticio especial para su cultivo comercial.

### Pijuayo

Varias especies de palmeras, tienen la posibilidad de ser exportadas comercialmente. Dentro de estas se encuentran la palmera huasaí (*Euterpe precatoria*) y el pi-

juayo (*Bactris gasipaes*) cuyo estípite y parte de la corteza se utilizan en la fabricación de conservas de palmito, producto que tiene gran demanda en el mercado externo especialmente en Francia y Estados Unidos de Norte América. Ante esta perspectiva la UNAP y otras pequeñas agroindustrias en la Amazonía, están realizando estudios para el aprovechamiento de este recurso (Ruiz 1995).

La distribución natural del pijuayo silvestre se extiende desde Darién en Panamá hasta la provincia de Santa Cruz en Bolivia y en el estado de Rondonia y posiblemente Mato Grosso en Brasil (Mora-Urpi *et al.* 1984, Mora-Urpi 1995). Se han realizado varias prospecciones de germoplasma a nivel de la cuenca amazónica, y el INIA en su Estación Experimental el Dorado, en la carretera Iquitos Nauta, mantiene una de las colecciones más completas. El pijuayo es una especie de relativa importancia alimenticia y económica para algunas poblaciones nativas y campesinas de la Amazonía, así como en los mercados locales para la población urbana. Es una especie de uso múltiple, que se utiliza en la producción de alimentos (frutos, aceite y palmito), madera y fibra.

Esta especie ha sido estudiada agrónomicamente en monocultivos y en cultivos asociados y en métodos de transformación industrial para diverso propósito (harinas, aceite y palmito); también ha sido promocionada, con paquetes tecnológicos, a los agricultores de la carretera Iquitos-Nauta.

El potencial actual del pijuayo es también altamente favorable debido a la aparición de nuevas formas de consumo (Aguilar *et al.* 1991, Agroindustrias del Amazonas 1995, Jiménez 1992, Gonzáles 1995, Ruiz 1995), la existencia de un mercado incipiente mundial y la disponibilidad de tecnología para el cultivo e industrialización del pijuayo para palmito que es el principal producto exportable conservado en salmuera (95 %) y palmito al vinagre y otras formas (5 %).

## Uña de gato

Se reporta alrededor de 60 especies de *Uncaria* a nivel mundial, encontrándose la mayoría de ellas en países asiáticos y africanos (Lock 1995, Flores 1996, Zevallos 1996). Se han estudiado las propiedades químicas de muchas de estas especies reportándose una serie de compuestos alcaloides; los estudios se han efectuado principalmente sobre hojas y corteza. Los extractos de uña de gato así como de otras plantas medicinales tienen un mercado permanente en Europa y EEUU.

La actividad de extracción de corteza de uña de gato es fuente de ingresos para los pobladores rurales que se dedican a su explotación; sin embargo, se requiere una evaluación apropiada y permanente con el fin de que su aprovechamiento represente una actividad sustentable (Bautista 1996, TCA 1996b).

La actividad de extracción de corteza de uña de gato, utiliza tecnología blanda, es decir, requiere de herramientas de bajo costo y de uso intensivo de mano de obra. Existen ciertos factores que influyen negativamente en la eficiencia y sustentabilidad de la actividad local campesina de extracción (Quevado 1996, Pinedo 1996): falta de control del recurso forestal, subutilización y falta de organización y debilidad de gestión de los pobladores dedicados a esta actividad. La extracción de

corteza de uña de gato en la zona de Iquitos se realiza en forma paralela a la agricultura y constituye una alternativa de subsistencia para los campesinos.

Se deben diseñar y poner en práctica normas de control sobre las actividades de extracción de corteza de uña de gato, ya sea de *Uncaria tomentosa* como de *Uncaria guianensis*, que permitan ejecutar su aprovechamiento racionalmente. Es necesario contar con fundamentos técnicos que nos permitan planificar su aprovechamiento en el futuro y dar valor económico al bosque en su integridad (Carrasco 1996).

El potencial económico de usos químicos de la corteza de uña de gato está actualmente bajo estudio (TCA 1995, Bautista 1996, Chavesta & Gonzáles 1996, Flores 1996, Lourdes *et al.* 1996, Quevedo 1996, Zevallo 1996).

### Diversidad de los Recursos Genéticos

Los recursos genéticos de los bosques amazónicos tienen un potencial extraordinario para los programas de reproducción de plantas y animales domésticos, así como para usos biotecnológicos (TCA 1994, 1995a,b). Existe la esperanza que los recursos genéticos de la región pudieran últimamente representar una materia prima para el intercambio genético internacional. Los actuales esfuerzos legislativos del Perú y de los otros países Amazónicos están dirigidos a establecer condiciones para la prospección biológica, la pertenencia, el desarrollo biotecnológico e intercambio de los recursos genéticos dentro del marco establecido en la CBD.

Aunque se entiende que el potencial económico del material genético para la reproducción de plantas es de gran importancia (por ejemplo, la yuca y la uña de gato), existe una gran discrepancia en el verdadero potencial económico de las secuencias genéticas utilizadas para las industrias farmacéuticas y biotecnológicas (TCA 1995b). Se ha señalado que el diseño racional de drogas, por ejemplo, la fabricación sintética de secuencias genéticas, subestima en gran medida el potencial económico directo de las secuencias genéticas naturales (Cantley 1996). Es posible que las metodologías industriales actuales solamente utilicen las secuencias genéticas o proteínas como templates durante el desarrollo final de un medicamento. Existen bancos genéticos públicos y privados que ya contienen importantes colecciones genéticas del Amazonas. En la mayoría de los casos, este material no cumple con las exigencias de los Derechos de la Propiedad Intelectual (*Intellectual Property Rights*, IPR) de los países de origen, o estas exigencias se encuentran bajo disputa.

Sin embargo, revisiones recientes en la materia (DiCastrì & Younès 1996) señalan que aún existe potencial. Primero, se están llevando a cabo esfuerzos para regular el uso del material en los bancos genéticos internacionales, especialmente aquellos de la FAO, favoreciendo a los países de origen. Segundo, el verdadero potencial de la variabilidad genética de la biota del Amazonas no ha sido evaluado en forma sistemática, con la excepción de determinados usos (por ejemplo, el programa de prospección de medicamentos para el cáncer, NSF). Finalmente, un incremento en los países que han adoptado las legislaciones de la prospección biológica y los Derechos de la Propiedad Intelectual, obliga al mercado internacional a cumplir con los pagos.



El verdadero reto para un mayor desarrollo de los recursos genéticos del Amazonas se encuentra en la capacitación del sector. Aún cuando en los países en desarrollo, la producción de compuestos de alta tecnología basados en las secuencias de genes naturales requiera aún de una década, el control y custodia de los recursos genéticos primarios ofrece oportunidades a las instituciones peruanas, comunidades y el sector privado. Este control es altamente dependiente del funcionamiento de las instalaciones *ex-situ*, con adecuadas colecciones, almacenes y equipos para la recolección y el manejo de datos.

## PLANTAS Y PECES ORNAMENTALES

Iquitos ha sido uno de los sitios tradicionales de la Amazonía para el comercio de plantas ornamentales y peces de acuarios. En esta área se encuentran diversas orquídeas endémicas y raras, por ejemplo varias especies de *Coryanthes* y *Cattleya*. La forma actual de cosecha de estas plantas puede ser insostenible pues la búsqueda de muchas de estas especies se ha efectuado en un estrecho territorio situado en las riberas del río.

Los peces ornamentales del Amazonas peruano constituyen un recurso subdesarrollado. El listado de exportación de las escasas compañías peruanas de exportación contiene unas 100 especies, muchas de las cuales no se encuentran fuera del Perú. Las especies más importantes pertenecen a Siluriformes, Characoidea y Cichlidae. Alguno de los peces como el Disco verde peruano (*Symphysodon aequifasciatus aequifasciatus*) están confinados a muy pocos sistemas de ríos y sus poblaciones están disminuyendo severamente debido a la pesca intensiva usando métodos ilegales tales como el envenenamiento por rotenone. En el caso de los peces ornamentales se requiere un mejor monitoreo de los recursos así como también nuevos enfoques para el desarrollo del manejo sostenible del comercio. Muchos de los peces que actualmente se capturan en su medio natural podrían ser criados efectivamente en cautiverio. Sin embargo, hay una tendencia creciente en el mercado internacional de peces ornamentales de señalar los beneficios medioambientales y sociales que pueden crear las pesqueras. A menudo, el pescador local defiende sus territorios de pesca de sufrir una sobrepesca por forasteros y también preserva las bases de los criaderos de los peces (frecuentemente ubicados en los bosques ribereños inundados). Estos servicios medioambientales se pueden desarrollar ulteriormente como bases para la certificación y el comercio de "peces ornamentales ecológicamente incólumes".

## CONCLUSIONES

El desarrollo internacional en el campo del uso sostenible de los recursos biológicos avanza actualmente muy rápido. Especialmente se espera que el proceso de certificación forestal sea establecido como mecanismo clave para el comercio de la madera tropical. Los productos no maderables tales como uña de gato, camu camu y palmito también pueden confrontar prontamente las necesidades de la certifica-

ción. También otros productos tales como las plantas y peces ornamentales pueden ser objetos de certificación.

Estos desarrollos proporcionan a Loreto una interesante opción para desarrollar el comercio internacional de los productos forestales y sus derivados. Sin embargo, se requieren nuevos enfoques para utilizar integralmente estos mercados verdes emergentes. El estado relativamente virgen de la naturaleza en Loreto puede ser también uno de los bienes para el procedimiento de certificación el que frecuentemente otorga crédito para las situaciones donde los productos maderables y no maderables se generan de una manera que permita preservar el ecosistema original.

El futuro de los bosques en Loreto también se debe fiar en la adecuada zonificación de las tierras forestales, determinando cuidadosamente las áreas que por una parte se pueden usar para una actividad forestal sustentable, para agricultura y fines agroforestales, y que por otra parte necesitan estar protegidas debido al carácter de su biodiversidad o debido a una pobre regeneración potencial después del disturbio. El primer enfoque de zonificación ya está siendo aplicado (ver TCA-BID 1998) y en los años venideros será crucial el desarrollo de una metodología detallada de zonificación que tome en consideración la naturaleza de acentuado mosaico de los suelos y bosques de Loreto.

# PARTE 6

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES







# CONCLUSIONES GENERALES

A continuación se presenta un resumen de las principales conclusiones obtenidas en el presente libro. Las conclusiones en detalle están contenidas en la parte final de cada capítulo del libro.

- ❑ El área de estudio es representativa, en términos generales, de las selvas bajas amazónicas. Esto se puede afirmar tanto desde el punto de vista ambiental como por las actividades productivas y de colonización que ejercen presión sobre los ecosistemas y los recursos naturales con efectos detrimentales sobre el medio natural.
- ❑ El estudio confirma la gran heterogeneidad de los diversos componentes del ecosistema amazónico, que dificulta su investigación, comprensión y manejo. En el ámbito de estudio, se ha identificado una considerable riqueza de terrenos con factores ambientales muy contrastantes - desde tierras fértiles hasta tierras muy pobres.
- ❑ El clima en la zona de Iquitos es cálido y húmedo, la distribución de la precipitación determina la presentación de una estación seca no definida. Sin embargo, la ocurrencia de algunas anomalías climáticas, tiene influencia ecológica. Los períodos secos sin lluvias extendidas o "veranillos" pueden tener un gran impacto en la agricultura de secano. Durante la época de "friagen" las masas de aire cálido y húmedo que dominan en la región son súbitamente desplazadas por masas de aire frío y seco. El fenómeno de "El Niño" tiene influencia en la precipitación pluvial.
- ❑ Geológicamente, la zona de estudio está caracterizada por tres fases distintas de depositación: lacustrina, estuarina y fluvial. Cada período ha producido capas de sedimentos de naturaleza y composición muy variables, claramente diferenciables entre sí. La presencia de estas formaciones geológicas, con edades diferentes de depositación y tiempo variable de exposición a meteorización, ha determinado la alta variabilidad de los suelos de la zona de Iquitos. La distribución de los mayores tipos de suelos puede ser entendida sobre la base de la evolución geológica del paisaje tanto durante como después de la depositación original.
- ❑ La zona de estudio se caracteriza por grandes y muchas veces abruptas variaciones en las propiedades edáficas de los suelos. En las áreas no inundables (tierra firme) los suelos se caracterizan por presentar fuerte lixiviación y elevada acidez, que determinan su pobreza en nutrientes para las plantas. Sin embargo en algunos lugares, por efecto de la presencia de arcillas no alteradas que representan a menudo la formación Pebas, los suelos pueden tener localmente

una reserva sustancial de nutrientes para plantas. Al contrario, los suelos de arena blanca fuertemente lixiviada son extremadamente pobres en nutrientes. Los suelos en las planicies aluviales de los ríos con agua blanca presentan, en general, un mayor potencial de fertilidad natural que los suelos de tierra firme.

- La distribución de las especies de la vegetación natural, refleja las características ambientales de la tierra y puede ser utilizada como indicadora de factores ambientales tales como la textura de los suelos y sus contenidos de calcio, magnesio y potasio. En el estudio también se ha comprobado, que las especies de los grupos de plantas Pteridofitas y Melastomataceas pueden ser utilizadas efectivamente como indicadores de condiciones ambientales para ejecutar inventarios rápidos y cartografiar características generales de las tierras y los bosques. Esto puede ser muy útil en la Selva Baja peruana donde, por la alta diversidad de la flora y el extenso territorio de la región, los estudios son difíciles y costosos.
- Una situación especial reconocida en el área de estudio es que una gran proporción de los bosques que circundan a Iquitos, el mayor centro poblado amazónico peruano, todavía permanecen en su estado casi natural. La deforestación espontánea detectada se concentra en las riberas de los ríos, en lugares donde la tierra es apta para la producción agrícola. En las últimas décadas, el asentamiento inducido por construcción de carreteras ha incrementado la deforestación en áreas de menor capacidad productiva. Por esta razón se prevé que el avance de la carretera Iquitos-Nauta puede ocasionar un rápido aumento en la deforestación de tierras que no son aptas para la agricultura.
- A la luz del presente estudio se pueden identificar caminos alternativos a una acelerada deforestación. Debe priorizarse la utilización sostenida de los bosques primarios manejados que mantienen la cobertura boscosa, en tanto los bosques secundarios en tierras abandonadas adquieran valor comercial y puedan ser utilizados económicamente. Los sistemas agroforestales Amazónicos multiestratificados, sustentados en tecnología tradicional amazónica combinada con innovaciones de la tecnología moderna, tienen un gran y comprobado potencial productivo de aplicación en tierras ya deforestadas, y proporcionan una alternativa para la producción en corto plazo de cultivos en limpio o en pastizales. La opción de uso de la biodiversidad encuadrada en la Convención de la Diversidad Biológica, aún está en sus inicios, pese a que la región en estudio presenta una inmensa potencialidad en este sector. De igual manera la economía basada en el turismo tiene buenas perspectivas de crecer considerablemente si los bosques no fueran destruidos.
- Los patrones del paisaje que son visibles en las imágenes de percepción remota pueden indicar diferencias y semejanzas medio ambientales de diferentes lugares. Esto sirve efectivamente para la identificación y el cartografiado ecológico relevante de la variación geomorfológica y de los diferentes tipos de bosques. El Mapa Geomorfológico de la zona de Iquitos, que se presenta como anexo del presente libro, se basa en la utilización de la imagen de satélite complementada con inventarios de campo. Dicho mapa debe ser considerado como un aporte



científico preliminar para reconocer, a escala regional, las mayores variaciones ambientales en la zona de estudio. Todavía queda mucha variación que no hemos podido identificar ni entender debido a la falta de una información de campo más detallada de estas grandes extensiones de tierra.

- Para facilitar un desarrollo sostenible en las condiciones descritas, es necesario que las futuras actividades humanas se adapten, de la mejor manera posible, a las condiciones ambientales de la zona. Esto puede ser logrado mediante una zonificación ecológica. Sin embargo, el conocimiento científico actual de la zona de estudio todavía es bastante superficial y no permite la determinación detallada de las condiciones ecológicas en este ámbito. Concluimos que a pesar de vislumbrar opciones sostenibles del uso de la tierra, esto sólo será posible lograr progresivamente, a través de un avance cuidadosamente planificado y científicamente sustentado y cada vez aprendiendo de las experiencias obtenidas. La historia de Amazonia ya conoce muchos ejemplos de mal manejo de las tierras y de sus consecuencias con impactos negativos en los ámbitos ecológicos, económicos y sociales.

## RECOMENDACIONES GENERALES

Del análisis de las principales conclusiones y observaciones presentadas en el presente libro, se infieren las siguientes recomendaciones:

- Las instituciones locales de investigación deben ampliar e intensificar la investigación, tanto fundamental como aplicada, sobre los principales componentes del medio ambiente y sus interacciones. Esto permitirá precisar cómo superar la demanda de un mayor entendimiento de las potencialidades y restricciones edáficas del uso de las tierras.
- Las investigaciones deben realizarse utilizando la interacción intensiva entre diversas disciplinas académicas, para obtener el máximo conocimiento realista y práctico de la zona. Recomendamos fundamentar los estudios, en un mayor aporte de verificación de campo conjuntamente con la utilización de métodos de percepción remota, para evitar interpretaciones erróneas.
- En relación con los diferentes métodos de uso de las tierras, como agronomía, forestal y agroforestal, es necesario realizar estudios experimentales para determinar las prácticas más apropiadas para cada tipo de ambiente y validar las tecnologías mediante el monitoreo de suelos en predios de agricultores. También recomendamos la realización de estudios de impacto ambiental y social, así como los de valorización económica comparativa entre

las diferentes actividades productivas, a fin de ejecutar evaluaciones realistas entre las actividades que conservan los bosques y aquellas que implican deforestación.

- Para la ejecución relativamente rápida de un mapeo de las condiciones edáficas, que no impliquen un análisis químico de los suelos, se recomienda la utilización de plantas indicadoras. En áreas promisorias, este mapeo debe ser seguido por estudios más intensivos de suelos, ecosistemas y potencialidades de su utilización.
- Los futuros estudios siempre tienen que ser cimentados tanto sobre el entendimiento científico actualizado como sobre los métodos más apropiados disponibles para cada tipo de estudio. Por dificultades en la determinación de los límites exactos entre las diferentes unidades geoecológicas, es importante aplicar los métodos más modernos para coleccionar, manejar y analizar información espacial, basados en las más nuevas generaciones de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Para evitar la destrucción de bosques para la obtención de escasos y efímeros beneficios, recomendamos que los investigadores, autoridades, políticos y propietarios, posibiliten la extensión del tiempo de uso de las mismas tierras una vez que hayan sido deforestadas. De esta forma se debe tratar de evitar que la deforestación impida buenas perspectivas en el uso rentable a largo plazo de estas áreas. El uso de los árboles de cada región debería ser maximizado a fin de soportar el alto capital de biodiversidad regional y para garantizar el mantenimiento del mecanismo del ciclo de nutrientes de las plantas en el bosque húmedo tropical.
- La planificación del uso de las tierras tiene que basarse en una zonificación integrada de aspectos ecológicos y socioeconómicos. Las tierras frágiles y no productivas deben ser protegidas, mientras que el uso de aquellas tierras que presentan una buena potencialidad productiva puede ser intensificado, especialmente si existe mercado para sus productos. Así, los programas de colonización y ocupación del territorio deben ser orientados a zonas con las mejores características de fertilidad y morfológicamente menos accidentadas, evitando áreas de suelos altamente lixiviados que deben ser conservados con limitada extracción de productos distintos de los forestales.
- En vista de la continua expansión de la ciudad de Iquitos, las áreas circundantes a la zona urbana deberían atraer una atención especial para optimizar el beneficio de la ciudad. Por ejemplo, las pequeñas áreas de tierra firme con suelos arcillosos poco alterados que caracterizan el tramo bajo del río Itaya y que tienen influencia próxima a la carretera Iquitos Nauta, podrían soportar una intensificación de la producción actual agrícola, y, acompañado con una mejora de la infraestructura vial y de servicios, su papel en el mercado de Iquitos podría crecer considerablemente. De igual manera la gran planicie de inundación del río Amazonas presenta una alta potencialidad para la producción agrícola y forestal, en tanto los métodos de manejo sean bien adaptados a las condiciones locales. Las áreas con suelos de arena blanca que ya han sido deforestadas deben ser recuperadas y en caso que sea factible, se deben dirigir a la expansión de las áreas urbanas.

- Antes de tomar decisiones irreversibles en el uso de la tierra, debe precisarse que tipo de desarrollo y actividades se debe privilegiar en la región. Esto tiene relación con la manifiesta riqueza en los diferentes tipos de ambientes amazónicos que se presentan en la zona de Iquitos, concentrados en áreas muy cercanas al centro de la ciudad. La riqueza de diversos ecosistemas sugiere que para el manejo y la utilización sostenibles de los recursos biológicos, es importante y urgente el reconocimiento y el cartografiado de tales diferencias. Esto debe hacer de conjunto con el inventario de sus principales componentes bióticos y una evaluación de la potencialidad productiva de las distintas unidades, desde la agricultura hasta las economías basadas en biodiversidad y turismo.
- La promoción educativa de la conservación y uso sostenible de los recursos naturales a todo nivel de la población, constituye la principal estrategia de cambio de actitud respecto a la importancia y valor de los recursos naturales renovables amazónicos. Es recomendable coordinar la inclusión de cursos de conservación y uso sostenible de recursos naturales en los planes de estudios de los niveles primarios y secundarios, y organizar y ofertar capacitación no escolarizada orientada a la población rural y urbana. Además, se debe concretar, con las instituciones competentes, la aplicación del cumplimiento de la normatividad vigente, reglamentar el uso sostenible de los recursos naturales y protección del medio ambiente y promover campañas de reforestación para recuperar las áreas depredadas.
- Finalmente recomendamos también considerar la utilidad de las presentes conclusiones y recomendaciones para otras regiones del ambiente amazónico. En las circunstancias actuales, de conocimiento científico aún superficial de las selvas Amazónicas, es recomendable avanzar cuidadosamente, mediante planes de zonificación moderados, que dejen una mayor proporción del paisaje en su estado natural.





# PARTE 7

## BIBLIOGRAFÍA







# BIBLIOGRAFÍA

- ABREU, T.D. 1997. Alternativas propostas ao manejo de pousio na agricultura migratória no nordeste do estado do Pará, Brasil. Taller Internacional sobre Estado Actual y Potencial de Manejo y Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina. Pucallpa, Perú. 2 p.
- AGROINDUSTRIAS DEL AMAZONAS S.A. 1995. Proyecto: Planta de conservas de Palmito. Estudio de Factibilidad. Iquitos - Perú. 104 p.
- AGUILAR, A., HUAMAN, C., MARTEL, L. 1991. Proyecto de prefactibilidad de producción y exportación de conservas de palmito. Centros Académicos de la Asociación de Exportadores CE-ADEX. Lima. 148 p.
- ALVAREZ, J. 1997. Carretera Iquitos-Nauta: El reto de armonizar el desarrollo con la conservación 1. Kanatari 29.6.1997: 6-7.
- AMAZON COOPERATION TREATY ACT 1995. Sustainability of the Amazon forest. ACT pro tempore secretariat. Lima, Peru.
- ANDERSON, A.B. 1981. White-sand vegetation of Brazilian Amazonia. Biotropica 13: 199-210.
- ANDRIESSE, J.P. 1970. From shifting cultivation to agroforestry or permanent agriculture? Agroforestry, Proceedings of the 50th Symposium on tropical agriculture. Amsterdam. Royal Tropical Institute Bulletin 303: 35-49.
- ANTOINE, R. 1976. Elementos d'information en vue de la constitution d'un dossier sur les utilisations de fibres de bois dans des copolymères bois-matieres plastique, Bruxelles 3 p. + Anexos.
- AROSTEGUI, A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Ministerio de Agricultura, PNUD, Lima. 97 p.
- ASHTON, P.S. 1969. Speciation among tropical forest trees: some deductions in the light of recent evidence. Biol. J. Linn. Soc. 1: 155-196.
- AYRE, O. & RAMÓN, R. 1987. Metodología para análisis de suelos y tejido vegetal en el Laboratorio de Yurimaguas. Estación Experimental Agrícola "San Ramón", Yurimaguas, Perú. 11 p.
- BALSLEV, H., VALENCIA, R., PAZ Y MIÑO, G., CHRISTENSEN, H. & NIELSEN, I. En prensa. Species count of vascular plants in 1-hectare of humid lowland forest in Amazonian Ecuador. Proceedings of the SI/MAB symposium in Washington DC, 1995.
- BARBAGELATA, N. 1992. Importancia de las purmas. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Facultad de Ingeniería Forestal. Iquitos. 32 p.
- BARBAGELATA, N. 1995. Las purmas de Puerto Almendras: su importancia. En: V Congreso Nacional Forestal: Exposiciones y Resúmenes. Lima. pp. 140-153.
- BATES, R. & JAKSON, J. (eds.) 1980. Glossary of geology. Segunda edición, American Geological Institute, Virginia. 751 p.
- BAUMGARTNER, A. & RIECHEL, R. 1975. The world water balance. Elsevier, New York. 464 p.
- BAUTISTA, J. 1996. Propagación por estacas de *Uncaria tomentosa* Willd D.C. Proyecto de Reforestación con "Uña de Gato" del Valle del Alto Huallaga - PE-AH. Lima - Perú. 2 p.
- BAVAPPA, K.V.A. 1986. Mixed multi-storeyed cropping. ICAR/ICRAF Training Workshop on Agroforestry held at Central Research Institute for Dryland Agriculture, Hyderabad. September 16-30, 1986. 18 p.

- BEDOYA, G.E. 1991. Las causas de la deforestación en la Amazonía peruana: un problema estructural. CIPA, Documento 12, Lima. 130 p.
- BJÖRKLUND, J. 1992. Estudio de algunos suelos vírgenes y cultivados en un área de bosque tropical en el Noroeste del Perú. Working Paper 200, Swedish University of Agricultural Sciences, International Rural Development Centre. 35 p.
- BLAIN, D. 1996. Fertility factors limiting the growth of pioneer trees on upland fallow soils of the Amazon Basin. University of Toronto, Graduate Department of the Faculty of Forestry, Ph.D. Thesis. 142 p.
- BLASCO, L.M., LLAVERIA, B.M. & CHAVEZ, F.W. 1978. Características de la producción de frutales nativos en la Amazonía peruana. Ministerio de Agricultura y Alimentación, Instituto Nacional de Investigación Agraria. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Zona Andina. Oficina Perú. IICA. Serie de Publicaciones Misceláneas 187: 1-33.
- BOS, A.B. 1986. Training course on soil reference collections and database. Background document. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) Wageningen. 3 p.
- BOTERO, P.J. 1978. Fisiografía y estudios de suelos. Centro Interamericano de Fotointerpretación. Serie 1. Docencia. Bogotá-Colombia.
- BOYER, J. 1982. Les sols ferrallitiques. Tome X. Facteurs de fertilité et utilisation des sols. ORSTOM. Initiations-documentations techniques N° 52. Paris. 384 p.
- BRACK, A. 1992. Nontimber forest products of the Peruvian Amazon. Plotkin, M. & Famolare, L. (eds.) Sustainable harvest and marketing of rainforest products. Conservation International: 90-98.
- BRACK, A. 1990. Alternativas para el aprovechamiento del bosque en Ucayali. Asociación Peruana de Ingenieros Forestales, Pucallpa, Perú. 35 p.
- BRACK, A. 1993. Plantas nativas, comunidades humanas y desarrollo en el Perú. Community Based Conservation Workshop. Airlie, Virginia, USA.
- BRACK, E.W. 1994. Experiencias agroforestales exitosas en la Cuenca Amazónica. Tratado de Cooperación Amazónica, Secretaría PRO TEMPORE, Lima-Perú. SPT-TCA N°23. 195 p.
- BRACO, L. & ZARUCCHI, J.L. 1993. Catalogue of the flowering plants and gymnosperms of Peru. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 45: 1-1286.
- BRINKMANN, W.M.N. & GOES RIBEIRO, J. 1972. Air temperature in central Amazonia III. Acta Amazônica 2(3): 28-39.
- BROWDER, J.G. (ed.) 1989. Fragile Lands of Latin America: Strategies for Sustainable Development. Westview Press, Boulder, Colorado.
- BUDOWSKI, G. 1963. Forest successions in tropical lowlands. Turrialba 13: 42-44.
- BUDOWSKI, G. 1964. La sucesión forestal y su relación con antiguas prácticas agrícolas en el trópico americano. En: 35 Congreso Internacional de Americanistas. México. pp. 189-196.
- BUDOWSKI, G. 1965. Distribution of tropical american rainforest species in the light of successional processes. Turrialba 15(1): 40-42.
- BURGA, J.D. 1992. Diccionario geológico. Lima, Perú. 393 p.
- CAJANDER, A.K. 1926. The theory of forest types. Acta Forestalia Fennica 29(3): 1-108.
- CAMPOS, B.L. 1997. II Foro Internacional de los Países Andinos y Amazónicos sobre Diversidad Biológica. Bogotá 22-28 setiembre 1997. Congreso de la República, Comisión de Ambiente, Ecología y Amazonía. Lima. s.p.
- CANTLEY, M.F. 1996. In defense of biotechnology. En: DiCasteri, F. & Younés, T. (eds.), Biodiversity, Science and Development: Towards a new partnership. CAB International. pp. 500-505.

- CARE-PERU 1992. Taller de diseño, planificación y establecimiento de sistemas agroforestales para los proyectos "Selva" y "Caspi" Iquitos, 24-28 noviembre 1992. CARE-PERU, Iquitos. 79 p.
- CARHUAPOMA, P.L. & PORTUGUEZ, Y.H. 1997. La agroforestería en Perú. Dirección de manejo Forestal y Reforestación, INRENA. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas agroforestales. FAO, Dirección de Recursos Forestales, Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile. 40 p.
- CARRASCO, L. 1996. Identificación, producción, propagación y manejo de "Uña de Gato". Ponencia. Diagnóstico Preliminar de la extracción y producción de corteza de "Uña de Gato". Universidad Nacional Agraria La Molina. Instituto de Desarrollo Agroindustrial. Lima, Perú. 9 p.
- CASANOVA, J. 1975. El sistema de cultivo Secoya. En: Gasché, P. & Lourteig, A. (eds.) Boletín de la sociedad Suiza d'Ethnologie de Nauchetel, Centilvers. pp. 129-141.
- CASANOVA, J. 1980a. Estudios del swidden cultivation en la Amazonía peruana. Seminario Consulta Científica Sub-Regional sobre las actividades de Corte y Quema en el Ecosistema de Bosque Tropical. Iquitos. 19 p.
- CASANOVA, J. 1980b. Estudio sobre las migraciones de los Secoyas. ORDELORETO, Iquitos. 25 p.
- CDC-UNALM. 1991. Plan Director del sistema Nacional de Unidades de Conservación (SINUC), Una aproximación desde la Diversidad Biológica. Propuesta del CDC-UNALM. Lima. 153 p.
- CHAVESTA, M. & GONZÁLES, E. 1996. Descripción Anatómica de la madera de *Uncaria guinensis* y *Uncaria tomentosa*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 7 p.
- CHU, P.S., YU, P. & HASTENRATH, S. 1995. Detecting climate change concurrent with deforestation in the Amazon basin: which way has it gone? Bull. Amer. Met. Soc. 75: 579-583.
- CLINEBELL, R.R., PHILLIPS, O.L., GENTRY, A.H., STARK, N. & ZUURING, H. 1995. Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. Biodiversity and Conservation 4: 56-90.
- CLUB LORETO 1992. Pasajes históricos de Loreto e Iquitos. Lima.
- CONDIT, R. 1996. Defining and mapping vegetation types in mega-diverse tropical forests. TREE 11(1): 4-5.
- CONNELL, J.H. & LOWMAN, M.D. 1989. Low-diversity tropical rain forests: some possible mechanisms for their existence. American Naturalist 134: 88-119.
- COOMES, O., BARHAM, B. & CRAIG, B. 1996. Uso de recursos por ribereños en la Reserva Nacional Pacaya Samiria: datos de una encuesta reciente e implicaciones para el manejo del área protegida. Espacio y desarrollo 8: 7-31.
- COOMES, O. & BURT, G.J. 1997. Indigenous marked-oriented agroforestry: dissecting local diversity in western Amazonia. Agroforestry Systems 37: 27-44.
- CORDELOR 1987. Programa de desarrollo integral de la zona Nauta-Iquitos-Mazán. Estudio preliminar. Ministerio de la Presidencia, Corporación departamental de Desarrollo de Loreto. Iquitos. 140 p.
- CORDELOR-ICI 1988. Programa de apoyo para el desarrollo de los asentamientos humanos: "El Paujil", "Nuevo Horizonte" y "Expetroleros" de la carretera Iquitos-Nauta. CORDELOR/ICI, Iquitos. 78 p.
- COSTA, E.V. 1980. Gastropodes Cenozoicos do Alto Amazonas (Estado do Amazonas), Brasil. Anais Acad. Bras. Cienc. (Rio de Janeiro) 52: 867-891.
- COSTA, M.H. & FOLEY, J. 1997. Water balance of the Amazon basin: dependence on vegetation cover and canopy conductance. J. Geophys. Res. 102: 23973-23989.
- CTAR-CEM-DRPP 1997. Plan estratégico para el desarrollo sostenible del área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta. Iquitos. 78 p.



- CTAR-RL-IIAP 1996a. Estudio socioeconómico y niveles de vida de la población asentada en el ámbito de influencia de la carretera Iquitos-Nauta. Iquitos.
- CTAR-RL-IIAP 1996b. Zonificación ecológica económica del área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta. (Estudio preliminar). Iquitos. 26 p.
- CULF, A., ESTEVES, J., MARQUES FILHO, A. & da ROCHA, H. 1996. Radiation, Temperature and humidity over forest and pasture in Amazonia. En: Gash, J., Nobre, C., Roberts, J. & Victoria, R. (eds.) *Amazonian Deforestation and Climate*. pp. 175-192.
- CUTRIM, E., MARTIN, D. & RABIN, R. 1995. Enhancement of cumulus clouds over deforested lands in Amazonia. *Bull. Amer. Met. Soc.* 76: 1801-1805.
- DAMUTH, J.E. & KUMAR, N. 1975 Amazon cone: morphology, sediments age and growth pattern. *Geological Society of America* 86: 863-878.
- DANCE, J. J. & KOMETTER, R. 1984. Algunas características taxonómicas en los diferentes estadios del bosque secundario. *Revista Forestal del Perú*, 12(1-2): 18-31.
- DENEVAN, W. & TREACY, J. M. 1984. Purmas jóvenes manejadas en Brillo Nuevo. En: Denevan, M. & Padoch, C. (eds) *Agroforestería tradicional en la Amazonía peruana*. Documento 11: 149-160.
- DENEVAN, W.M. & PADOCH, C. 1990. *Agroforestería tradicional en la Amazonía peruana*. Jardín Botánico de Nueva York. Documento 11. 238 p.
- DI CASTRI, F. & YOUNES, T. (eds.) 1996. *Biodiversity, Science and Development: Towards a New Partnership*. CAB International.
- DIAS DE PAIVA, E.M.C. & CLARKE, R. 1995. Time trends in rainfall records in Amazonia. *Bull. Amer. Met. Soc.* 75: 579-583.
- DICASTRI, F. & T. YOUNÈS (eds.) 1996. *Biodiversity, Science and Development: Towards a new partnership*. CAB International.
- DICKINSON, R. & KENNEDY, P. 1992. Impacts on regional climate of Amazon deforestation. *Geophys. Res. Letters* 19: 1947-1950.
- DOUROJEANNI, M.J. 1987. Aprovechamiento del barbecho forestal en áreas de agricultura migratoria en la Amazona peruana. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias Forestales. Lima. 68 p.
- DOUROJEANNI, M.J. 1990. *¿Amazonía - Que hacer?* Centro de Estudios Teologicos de la Amazonía (CETA), Iquitos, Perú. 444 p.
- DRAL-AAM 1996. Memoria anual 1996. Ministerio de Agricultura, Región Agraria Loreto, Agencia agraria Maynas. Iquitos. s.p.
- DRAL-OIA 1994. Compendio estadístico del sector agrario. Loreto. 1987-1993. Iquitos. s.p.
- DRAL-OIA 1998. Compendio estadístico del sector agrario. Loreto. 1996-1997. Iquitos. s.p.
- DUIVENVOORDEN J. 1994. Vascular plant species counts in the rain forests of the middle Caquetá área, Colombian Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 3: 685-715.
- DUIVENVOORDEN, J.F. & LIPS, J.M. 1993. Ecología del paisaje del Medio Caquetá. Memoria explicativa de los mapas. *Estudios en la Amazonía Colombiana* 3A: 1-301.
- DUIVENVOORDEN, J.F. & LIPS, J. 1995. A land-ecological study of soils, vegetation, and plant diversity in Colombian Amazonia. *Tropenbos Series* 12: 1-438.
- DUKE, J.A. & VASQUEZ, R. 1994. *Amazonian Ethnobotanical Dictionary*. CRC Press, Inc. Florida. 215 p.

- DUMONT, J.F. & CARCIA, F. 1991. Active Subsidence Controlled by Basement Structures in the Marañon Basin of Northeastern Peru. En: Proceedings of the Fourth International Symposium on Land Subsidence, May 1991. IAHS Publ. 200: 343-350.
- DUMONT, J.F., LAMOTTE, S. & FOURNIER, M. 1988. Neotectónica del Acro de Iquitos (Jenaro Herrera, Peru). Boletín Sociedad Geológica del Perú 77: 7-18.
- DUMONT, J.F., MERING, C., PARROT, J.F. & TAUD, H. 1996. Morphological and mathematical analysis of asymmetrical fluvial pattern: A study case from the Ucayali River (Peru). Zeitschrift für Geomorphologie (suppl.) 103: 269-282.
- DUMONT, J.F., GARCÍA, F. & FOURNIER, M. 1992. Registros de cambios climáticos por los depósitos y morfologías fluviales en la Amazonía Occidental. En Ortlieb, L. & Macharé, J. (eds), "Paleo ENSO Records" Intern. Symp. (Lima, March 1992). ORSTOM - CONCYTEC. pp. 87-92.
- ECO 1997. La relevancia del manejo de bosques secundarios para la política de desarrollo. Taller Internacional sobre Estado Actual y Potencial de Manejo y Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina. Pucallpa 2-6 junio 1997. 53 p.
- ENCARNACIÓN, F. 1985. Introducción a la flora y vegetación de la Amazonía peruana: estado actual de los estudios, medio natural y ensayo de claves de determinación de las formaciones vegetales en la llanura Amazonica. Candollea 40: 237-252.
- ENWEZOR, W.O. 1978. The aging of phosphorus in some humid tropical soils of Nigeria: 2. The effect of aging phosphorus in some soils of southeastern Nigeria on the residual phosphorus fractions in the soil after cropping. Soil Science 126 (6): 353-359.
- ESTRELLA, E. 1995. Plantas medicinales amazónicas: realidad y perspectivas. Tratado de Cooperación Amazónica, Secretaría Pro Tempore. 302 p.
- FAO 1976. A framework for land evaluation. Soils Bulletin 32. FAO, Rome.
- FAO 1977. Guidelines for soil profiles description. 2da. Edition. FAO. Rome.
- FAO 1984. La agricultura migratoria y la conservación de suelos en Africa. Boletín de Suelos de la FAO 24: 1-209.
- FAO 1986. Sistemas mejorados de producción como alternativa a la agricultura migratoria. Boletín de Suelos de la FAO 53: 1-218.
- FAO 1988. FAO-UNESCO Soil Map of the World. Revised Legend. World Soil Resources Report 60. FAO, Rome.
- FAO 1990. Guidelines for soil profile description. 3. ed. FAO, Rome.
- FAO-UNESCO 1974. FAO-UNESCO Soil Map of the World. Volume I, Legend. UNESCO, Paris.
- FAO-UNESCO. 1997. Soil map of the world. Revised Legend with corrections and updates. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). Technical paper 20: 1-140.
- FEARNSIDE, P.M. 1987. Rethinking continuous cultivation in Amazonia. The "Yurimaguas Technology" may not provide the beautiful harvest predicted by its originators. BioScience 37(3): 209-214.
- FERREYRA, R. 1986. Flora y vegetación del Perú. Gran Geografía del Perú, Volumen II, pp. 1-174.
- FIGURERA, N. & NOBRE, C. 1990. Precipitation distribution over central and western tropical South America. Climatic 5: 36-40.
- FLORES P., S. 1977. Caracterización y clasificación de algunos suelos del bosque amazónico peruano. Iquitos. Universidad de Costa Rica – Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, Tesis Mag.Sci. Turrialba, Costa Rica. 94 p.

- FLORES P., S. 1978. Inventario y estudio de suelos bajo sistemas de agricultura migratoria en las comunidades nativas Secoya (Río Yumbineto) y Bora (Río Ampiyacu). Convenio UNAP (Iquitos) - FNSRS (Berna) - CNRS (Paris), Informe Preliminar. 10 p.
- FLORES P., S. 1983. Estudio de los sistemas de uso de la tierra en las tribus selváticas Boras de Brillo Nuevo y Colonia en la Cuenca del río Ampiyacu. Documento de trabajo 1978-1983. Proyecto Agroforestal. UNAP. 300 p.
- FLORES P., S. 1984a. Estudio de los sistemas de uso de la tierra en la Comunidad de Tamshiyacu, río Amazonas. Documento de trabajo 1983-1984. Proyecto Agroforestal. UNAP. 200 p.
- FLORES P., S. 1984b. Racionalidad de uso de las tierras bajas de la Amazonía peruana. Conferencia presentada en el Primer Simposio de Trópico Húmedo. Nov. 12-17, 1984, Belém, Brasil. EMBRAPA/CPATU. 12 p.
- FLORES P., S. 1984c. Analysis of old Bora swidden fallow. En: Denevan, W.E. (ed.) Indigenous Agroforestry in the Northeast Peruvian Amazon. Report of the University of Wisconsin – Universidad Nacional de la Amazonía peruana, Man and Biosphere Program Project, 1981-1983. Institute For Environmental Studies, University of Wisconsin – Madison. pp. 111-223.
- FLORES P., S. 1987a. Status report on Amazon multiestrata agroforestry systems research and ICRAF activities in the humid lowlands. ICRAF, Nairobi, Kenya. 182 p.
- FLORES P., S. 1987b. Investigación agroforestal multiestrata en la Amazonía peruana: UNAP, Iquitos. ICRAF, Nairobi, Kenya. Documento de trabajo. 62 p.
- FLORES P., S. 1997a. Cultivo de frutales nativos amazónicos. Manual para el extensionista. SPT-TCA/N°51. Lima, Perú. 307 p.
- FLORES P., S. 1997b. Proyecto desarrollo agropecuario en la cuenca media del río Nanay. Caritas Iquitos - FCPUE. Evaluación Preliminar 1995-97. 5 p.
- FLORES P., S. 1998a. Avances investigativos Sub-Proyecto Manejo de Purmas con Tecnología agroforestal, período nov/94-julio/97. Convenio Universidad de Turku, Finlandia – UNAP Iquitos. 10 p.
- FLORES P., S. 1998b. Caritas Iquitos: Pobreza y recursos naturales. Siete años acompañando a los más pobres. (en preparación).
- FLORES P., S. ALVARADO, A. & BORNEMISZA, E. 1978. Characterization and classification of some soils from the Peruvian Amazon basin. Iquitos. Turrialba, Revista interamericana de ciencias agrícolas 28: 99-104.
- FLORES, Y. 1996. Experiencias de “Uña de Gato” en la zona de Pucallpa. Propagación a partir de semillas. INIA - Pucallpa. 4 p.
- FRANCO, J. et al. 1995. Manual de Ecología. Segunda Edición. Tercera Reimpresión. Editorial Trillas. Mexico. 266 p.
- FRANKEN, W. & LEOPOLDO, P. 1984. Hydrology of catchment areas in Central-Amazonian forest streams. En: Soili, H. (ed.) The Amazon, Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its basin. pp. 501-519.
- GARCÍA, J. & BERNEX DE FALEN, N. 1994. El río que se aleja: cambio del curso del Amazonas, estudio histórico-técnico. CETA-IIAP, Iquitos, Perú. 2 ed. 51 p.
- GASCHE, J. 1980. Estudio comparativo de sistemas de cultivos nativos y su impacto sobre el bosque amazónico. Seminario. Consulta científica sub-regional sobre las actividades de corte y quema en el ecosistema del bosque tropical. Iquitos. 19 p.
- GASH, J., NOBRE, C., ROBERTS, J. & VICTORIA, R. 1996. An overview of ABRACOS. En: Gash, J., Nobre, J., Roberts, J. & Victoria, R. (eds.) Amazonian Deforestation and Climate. pp. 1-14.



- GEETS, M., DELECOUR, F., GROS, A., MATHIEU, L. & HANOTIAUX, G. 1975. Techniques d'analyses pé-dologiques. Laboratoire de la Science du Sol. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Gembloux – Belgique. 105 p.
- GENTRY, A.H. 1981. Distributional patterns and an additional species of the *Passiflora vitifolia* complex: Amazonian species diversity due to edaphically differentiated communities. *Pl. Syst. Evol.* 137: 95–105.
- GENTRY, A.H. 1988a. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographic gradients. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 75: 1-34.
- GENTRY, A.H. 1988b. Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 85: 156-159.
- GENTRY, A.H. 1990. Floristic similarities and differences between southern central America and upper and central Amazonia. En Gentry A.H. (ed.), *Four neotropical rainforests*. Yale University Press. New Haven & London. pp. 141-157.
- GENTRY, A.H. & DODSON, C. 1987. Contribution of nontrees to the species richness of a tropical rain forest. *Biotropica* 19: 149-156.
- GENTRY, A.H. & LOPEZ-PARODI, J. 1980. Deforestation and increased flooding of the Upper-Amazonia. *Science* 210(10): 1354-1356.
- GENTRY, A.H. & ORTIZ, R. 1993. Patrones de composición florística en la Amazonía peruana. En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.) *Amazonía peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales*. Jyväskylä, Finlandia. pp. 155-166.
- GOLDRICH, S.S. 1938. A study in rock weathering. *J. Geol.* 46: 17-58.
- GONZÁLES, R. 1995. Algunas consideraciones sobre el Mercado Internacional del Palmito. Consejo Nacional de Producción. Dirección de Mercado Agropecuario. Costa Rica. 4 p.
- GRIME, J.P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons, Chichester, Great Britain. 222 p.
- GUIZADO, J.J. 1986. Las Formaciones Corrientes y Maraón del Cuaternario y Plioceno del nororiente peruano, Reunión Anual a Nivel de Expertos, Petropur, Lima, vol. 2.
- GUYOT, J.L., CALLEDE, J., MOLINIER, M., GUIMARAES, W., de OLIVEIRA, E. 1997. La variabilité hydrologique actuelle dans le bassin de l'Amazone. Seminario Internacional de Consecuencias Climáticas e Hidrológicas del Evento El Niño a Escala Regional y Local. Memorias Técnicas. 26-29 de Noviembre Quito, Ecuador. pp. 285-293.
- GUYOT, M. 1977. Cultivo de corte y quema y evolución del medio forestal en el nordeste amazónico. Boras del Ampiyacu. Informe Preliminar. 20 p.
- HAJNY, G. T. 1981. Biological utilization of wood for production on of chemical and food tuffs. *US Forester Service Products. Lab. Researchs Paper FPL 385*: 64.
- HANSEN, J. & LEBEDEFF, S. 1985. Global trends of measured surface air temperature. *J. Geophys. Res.* 92: 345-372.
- HANSEN, J., RUEDY, R., SATO, M. & REYNOLDS, R. 1996. Global surface air temperature in 1995: Return to the Pre-Pinatubo level. Manuscrito.
- HARTT, C.F. 1872 On the Tertiary basin of the Maraón. *Am. J. Sci. Arts* (3) 4: 53-58
- HERRERA, G. 1995. Estudio de comunidades vegetales sucesionales en un meandro del río Amazonas cerca a la ciudad de Iquitos. Tesis Ing. Agr. Iquitos. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 116 p.

- HETCH, S.B. 1982. Los sistemas agroforestales en la cuenca amazónica: Práctica, teoría y límites de un uso promisorio de la tierra. En: Hetch, S.B. (ed.). *Amazonía, Investigación sobre agricultura y uso de tierras*. CIAT, Cali, Colombia. pp. 347-390.
- HEYWOOD, V.H. & WATSON, R.T. (eds.) 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press. Cambridge. 1159 p.
- HIRAOKA, M. 1985. Changing floodplains livelihood patterns in the Peruvian Amazon. *Tsukuba Studies in Human Geography* 9: 243-275.
- HIRAOKA, M. 1986. Zonation of mestizo riverine farming systems in Northeast Perú. *National Geographic Research* 2(3): 354-371.
- HIRAOKA, M. 1989a. Patrones de subsistencia mestiza en las zonas ribereñas de la Amazonía peruana. *Amazonía indígena. Boletín de análisis. COPAL - Solidaridad con los grupos nativos. Iquitos-Perú*. 9 (3): 17-25.
- HIRAOKA, M. 1989b. Ribereños changing economic patterns in the Peruvian Amazon. *Journal of Cultural Geography*, 103-119.
- HOAG, R.E. 1985. Characterization of soil floodplains of tributaries flowing into the Amazon river in Peru. Thesis Ph.D. Raleigh. Department of Soil Science. North Carolina State University. 118 p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1967. *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center, San José, Costa Rica.
- HOORN, C. 1993. Geología del nororiente de la Amazonía Peruana: La formación Pebas. En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.) *Amazonía peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales*. Jyväskylä, Finlandia. pp. 69-85.
- HOORN, C. 1995. Fluvial palaeoenvironments in the intracratonic Amazonas Basin (Early Miocene – early Middle Miocene, Colombia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 109: 1-54.
- HOORN, C., GUERRERO, J., SARMIENTO, G. & LORENTE M. 1995. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology* 23: 237-240.
- HORNE, J.C. & FERM, J.C. 1978. Carboniferous depositional environments: Eastern Kentucky and Southern West Virginia. A field Guide. Department of Geology, University of South Carolina, Colombia, South Carolina. 151 p.
- HUBBELL, S.P. & FOSTER, R.B. 1986. Biology, chance, and history and the structure of tropical rain forest tree communities. En: Diamond, J. & Case, T.J. (eds.) *Community ecology*. Harper and Row, New York. pp. 314-329.
- HUNTER, A.H. 1977. Técnicas de laboratorio e invernadero para estudio de nutrientes con miras a determinar las enmiendas del suelo requeridas para un óptimo crecimiento de las plantas. *Agricultural Environmental Systems INC, North Carolina CATIE, Turrialba, Costa Rica*. 21 p.
- HUTCHINSON, I.D. 1995. Técnicas para la silvicultura y el manejo forestal en bosques naturales tropicales, intervenidos y secundarios. En: Kanashiro, M. & Parrota, J.A. (eds.), *Manejo e rehabilitación de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia. Anais de um Simposio/Workshop International, Santarém, Pará, Brasil, 18-22 Abril 1993*. International Institute of Tropical Forestry USDA-Forest Service, Río Piedras, Puerto Rico, USA. pp. 136-147.
- HUXLEY, P.A. 1986. Workshop on agroforestry research. Hyderabad, India. Report Working Committee 4: Experimental Approaches and Plans. ICAR/ICRAF Agroforestry Training. ICRAF, Nairobi, Kenya. 50 p.
- HUXLEY, P.A. 1987. An ecological approach to non-farm experimentation. Extract from ICRAF Working Paper in preparation. 20 p.
- IIAP-SPT-TCA-GEF-PNUD-OPS 1996. Lineamientos de estrategia para el uso y conservación de la diversidad biológica en la Amazonía peruana. Iquitos. 61 p.

- INEI 1996. Instituto Nacional de Estadística e Información, Lima.
- INIAA 1988. Informe final de la primera fase del proyecto agroforestal (3P-B3-0276). Estación Experimental "San Ramón", Yurimaguas. 18 p.
- INIAA 1991. Opciones tecnológicas para el desarrollo del trópico húmedo. Estación Experimental "San Ramón", Yurimaguas. 79 p.
- INIAA 1992. Informe final de la segunda fase del proyecto agroforestal (3P-B3-0276). Estación agropecuaria "San Ramón", Yurimaguas. 61 p.
- INIPA 1983. Programa nacional de selva. Documento Base. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA). Lima, Perú. 73 p.
- INRENA 1995. Memoria Anual 1995. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Dirección Regional de Agricultura. Iquitos-Perú. 80 p.
- INRENA 1996a. Guía explicativa del mapa forestal 1995. INR-49-DGF, Lima, Perú. 147 p.
- INRENA 1996b. Memoria Anual 1996. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Dirección Regional de Agricultura. Iquitos-Perú. 60 p.
- INRENA 1996c. Mapa de suelos del Perú. 1: 5000 000. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Dirección General de Aguas y Suelos. Lima. 61 p.
- INRENA-DGMAR. 1996. Compendio de normas ambientales. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Dirección General de Medio Ambiente Rural. Lima. Vol. I – II. 724 p.
- INRENA-DGANPFS 1997. Estudio Nacional de la Diversidad Biológica. Vol. I-IV. Lima, Peru.
- IRION, G. 1976. Mineralogisch-geochemische Untersuchungen an der pelitischen Fraktion Amazonischer Oberböden und Sedimente. *Biogeographica* 7: 7-25.
- IRION, G. 1984. Clay minerals of Amazonian soils. En: Sioli, H. (ed.), *The Amazon*. Junk Publishers, Dordrecht. pp. 537-579.
- IUCN 1994. A Guide to the Convention on Biological Diversity. IUCN, Gland (Suiza).
- JIMÉNEZ, E. 1992. Evaluación de alternativas tecnológicas para la conservación del Palmito de Pijuayo como producto fresco. Corbana: Revista de la Corporación Bananera Nacional - Costa Rica. 16(38): 34-40.
- JONG, W. DE 1996. Diversity, variation and change in ribereño agriculture and agroforestry. Thesis Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
- JORDAN, C. & HEUVELDOP, J. 1981. The water balance of an Amazonian rain forest. *Acta Amazonica* 11: 87-92.
- JOKINEN, P., TUUKKI, E., KALLIOLA, R. & SARMIENTO, A. 1996. Vegetación en terrenos de diferentes edades en las islas del Alto Río Amazonas, Perú. *Folia Amazonica* 8(2): 1-20.
- KAHN, F. & DE CASTRO, A. 1985. The palm community in a forest of Central Amazonia, Brazil. *Biotropica* 17: 210-216.
- KAHN, F. 1987. The distribution of palms as a function of local topography in Amazonian terra-firme forests. *Experientia* 43: 251-259.
- KALLIOLA, R. & M. PUHAKKA, 1993. Geografía de la Selva Baja peruana. En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.) *Amazonía peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino*. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 9-11.
- KALLIOLA, R. LINNA, A., PUHAKKA, M., SALO, J. & RÄSÄNEN, M. 1993. Mineral nutrients from fluvial sediments in the Peruvian Amazon. *Catena* 20: 333-349.



- KALLIOLA, R., PUHAKKA, M. & DANJOY, W. (eds.) 1993. Amazonía peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. 265 p.
- KALLIOLA, R., SALO, J., PUHAKKA, M. & RAJASILTA, M. 1991. New site formation and colonizing vegetation in primary succession on the Western Amazon floodplains. *Journal of Ecology* 79: 877-901.
- KALLIOLA, R., SALO, J., PUHAKKA, M., RAJASILTA, M., HÄME, T., NELLER, R.J., Räsänen, M.E. & Danjoy Arias, W.A. 1982. Upper Amazon channel migration. Implications for vegetation perturbation and succession using bitemporal Landsat MSS images. *Naturwissenschaften* 79: 75-79.
- KALLIOLA, R. & FLORES P., S. 1997. Ecological site conditions and landuse options in Amazonian Peru. En: Usó, J.L., Brebbiav C.A. & Power, H. (eds.) . *Ecosystems and sustainable development. Advances in Ecological Sciences* 1: 254-263.
- KALLILLA, R., PUHAKKA, M., SALO, J., TUOMISTO, H. & RUOKOLAINEN, K. 1991. The dynamics, distribution and classification of swamp vegetation in Peruvian Amazonia. *Annales Botanici Fennici* 28: 225-239.
- KANASHIRO, M. & PARROTA, J.A. (eds.) 1995. Manejo e rehabilitação de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia. Anais de um Simposio/Workshop Internacional Santarém, Pará, Brasil, 18-22 Abril 1993. International Institute of Tropical Forestry USDA - Forest Service, Río Piedras, Puerto Rico, USA. 245 p.
- KAUFFMAN, J.H., MANTEL, S. & SPAARGAREN, O.C. 1996. Soils of the humid and seasonally dry (sub) tropics: a correlation of reference soil data and their assessment for agriculture using the ISIS database. En: *Proceedings of National Soil Reference and Database Workshop, Vol.2. Use of ISRIC's database for the characterization of soils of major agroecological zones.* ISRIC, Wageningen.
- KELTJES, W.G. 1997. Plant adaption and tolerance to acid soils; its possible Al avoidance – a review. En: Moniz et al. (eds.) *Plant-Soil Interactions at low pH: Sustainable Agriculture and Forestry Production. Proceedings of the Fourth International Symposium on Plant-Soil Interactions at Low pH*, Belo Horizonte, MG, Brasil. Brazilian Soil Science Society, Campinas, SP, Brasil.
- KEYZER, M.A. & SONNEVELD, B.G.J.S. 1997. Using the mollifier method to characterize database and models: the case of the Universal Soil Loss Equation. En: *Proceedings of the Conference on Geo-information for Sustainable Land Management.* ITC, Enschede, The Netherlands (CD-ROM).
- KHOUMA, M., BOCK, L., MATHIEU, L. & ENGELS, P. 1996. Systèmes d'informations géographiques et gestion des données de sols. En: Escadafal, R., Mulders, A.A., Thiombiano, L. (eds.) *Des actes de symposium international AISS (groupes de travail RS et DM) Ouagadougou (Burkina Faso), du 6 au 10 février 1995. Surveillance des sols dans l'environnement par télédétection et systèmes d'information géographiques.* AOCASS-ORSTOM, Collection Colloques et Séminaires. Paris, France. pp 35-51.
- KING, K.F.S. 1987. The history of agroforestry. En Steppler, M.A. & Nair, P.K.R. (eds.) *Agroforestry a decade of development.* ICRAF, Nairobi, Kenya. pp. 13-21.
- KITAMURA, C.P. 1982. Agricultura migratoria na Amazonia um sistema de producao viável? Belém, EMBRAPA-CPATU. 20 p.
- KLINGE, H. 1986. Report on tropical podzols. FAO, Chile and Max-Planck-Institut für Limnologie, Plön/Holstein, Germany.
- KLINGE, H., JUNK, W.J. & REVILLA, C.J. 1990. Status and distribution of forested wetlands in tropical South America. *Forest Ecology and Management* 33/34: 81-101.
- KOUSKY, V. 1980. Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. *Mon. Wea. Rev.* 108: 488-498.
- KOUSKY, V. 1988. Pentad outgoing longwave radiation climatology for the South American sector. *Rev. Bras. Meteor.* 3: 217-231.

- KUBITZKI, K. 1989. The ecogeographical differentiation of Amazonian inundation forests. *Plant Systematics and Evolution* 162: 285-304.
- KUMMEL, B. 1948. Geological reconnaissance of the Contamana region, Peru. *Bull. Geol. Soc. Am.* 59: 1217-1266.
- KVIST, L.P., ANDERSEN, M.K., HESSELSSE, M. & VANCLAY, J.K. 1995. Estimating use-values and relative importance of Amazonian flood plain trees and forests to local inhabitants. *Commonwealth Forestry Review* 74: 293-300.
- LANDON, J.R. (ed.) 1991. *Booker tropical soil manual: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics*. Booker Agriculture International, London.
- LEAKEY, R.R. 1996. Definition of agroforestry revisited. *Agroforestry Today (ICRAF)*, Nairobi, Kenya. 8 (1): 5-7.
- LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. 1983. *Numerical Ecology*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 419 p.
- LEGENDRE, P. & VAUDOR, A. 1991. The R package: Multidimensional analysis, spatial analysis. *Département de sciences biologiques, Université de Montréal*. iv + 142 p.
- LETTAU, H., LETTAU, K. & MOLION, L.C.B. 1979. Amazonia's hydrologic cycle and the role of atmospheric recycling in assessing deforestation effects. *Mon. Wea. Rev.* 107: 227-238.
- LINNA, A. 1993. Factores que contribuyen a las características del sedimento superficial en la selva baja de la Amazonía Peruana. En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.) *Amazonía peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales*. Jyväskylä, Finlandia. pp. 88-97.
- LLERENA, P., MALLEUX, J. & CHUNG, A. 1979. Evaluación y valorización de un bosque tropical en explotación. *Revista Forestal del Perú* 9(2): 68-79.
- LOCK, O. 1995. Revisión del Género *Uncaria tomentosa* y *Uncaria guianensis*: Las "Uña de Gato". *Revista de Química* 9(1): 49-61.
- LOPEZ, P.J. 1991. Evaluación del Proyecto "Programa de Apoyo al Desarrollo de los Asentamientos Humanos de la Carretera Iquitos-Nauta. GRL/AECI, Iquitos. 73 p.
- LOURDES, M. de, DOMÍNGUEZ, G. & PALOMINO, R.I. 1996. Consideraciones básicas para la propagación "In Vitro" de la "Uña de Gato". *Universidad Nacional Agraria La Molina. Instituto de Desarrollo Agroindustrial*. Lima - Perú. 12 p.
- LYON-CAEN, H., MOLNAR, P. & SUÁREZ, G. 1985. Gravity anomalies and flexure of the Brazilian Shield beneath the Bolivian Andes. *Earth and Planetary Science Letters* 75: 81-92.
- MACARTHUR, R.H. & WILSON, E.O. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, USA.
- MA-DGFF-ORDELORETO 1981. Evaluación y lineamientos de manejo de suelos y bosques para el desarrollo agrario del área de influencia de la Carretera Iquitos-Nauta. *Ministerio de Agricultura, Dirección General de Forestal y de Fauna/ORDELORETO*. Lima, 321 p.
- MALLEUX, J. 1975. *Mapa Forestal del Perú: Memoria explicativa*. Lima, Departamento de Manejo Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. 161 p.
- MALLEUX, J. 1982. *Inventarios forestales en bosques tropicales*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de Manejo Forestal. Lima. 580 p.
- MALLEUX, J. 1986. *Forestería*. En, *Gran Geografía del Perú: Hombre y Naturaleza*, Manfer-Juan Mejía Baca. Lima. pp. 185-385.

- MANTEL, N. 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Research* 27: 209-220.
- MARENGO, J. & SANCHEZ, W. 1985. Anomalías climáticas en la Amazonía peruana: Friajes y Veranillos en la zona de Jenaro Herrera/Loreto. *Anales Científicos UNA*. 21: 139-150.
- MARENGO, J. 1983a. Estudio Agroclimatológico en la zona de Jenaro Herrera (Requena/Loreto) y climático en la Selva Baja Norte del Perú. Tesis Ingeniero Meteorólogo. Departamento de Física y Meteorología. Universidad Nacional Agraria La Molina. 567 p.
- MARENGO, J. 1983b. Estimación de la evapotranspiración en los bosques húmedos tropicales de la Amazonía peruana. *Revista Forestal del Perú* 11(2): 67-79.
- MARENGO, J. 1983c. Balance hídrico para el arroz de secano en la Selva Baja del Perú. *Cuadernos de Física y Meteorología* 8 (21): 35-54.
- MARENGO, J. 1984. Estudio Sinóptico-Climático de los friajes (Friagems) en la Amazonía peruana. *Revista Forestal del Perú* 12: 55-80.
- MARENGO, J. 1986. Agroclimatología del Trópico Húmedo de América del Su: Una visión general. *Revista Forestal del Perú* 13(2): 85-105.
- MARENGO, J. 1991. Extreme climatic events in the Amazon basin and their association with the circulation of the global tropics. Ph. D. dissertation. Department of Meteorology. University of Wisconsin-Madison. 147 p.
- MARENGO, J. 1992. Interannual variability of surface climate in the Amazon basin. *International Journal of Climatology* 12: 853-863.
- MARENGO, J. 1995. Variations and Change in South American streamflow. *Climatic Change*, 31, 99-117.
- MARENGO, J., CORNEJO, A., SATYAMURTI, P., NOBRE, C., SEA, W. 1997a. Cold waves in the South American continent. The strong event of June 1994. *Mon. Wea. Rev.* 125: 2759-2786.
- MARENGO, J., MILLER, J., RUSSELL, G., ROSENZWEIG, C. & ABRAMOPOULOS, F. 1994. Calculations of river-runoff in the GISS GCM: impact of a new land surface and runoff routing model in the hydrology of the Amazon River. *Climate Dynamics* 10: 349-361.
- MARENGO, J., NOBRE, C. & CULF, A. 1997b. Climatic impacts of Friagens in forested and deforested areas of the Amazon Basin. *J. Appl. Met.* 36: 1553-1566.
- MARENGO, J.S. & HASTENRATH, S. 1993. Case studies of extreme climatic events in the Amazon basin. *Journal of Climate* 6: 617-627.
- MARENGO, J., TOMASELLA, J. & UVO, C. 1998. Long-term streamflow and rainfall fluctuations in tropical South America: Amazônia, Eastern Brasil and Northwest Peru. *J. Geophys. Res.* 103: 1775-1783.
- MARQUES, J., DOS SANTOS, M. & SALATI, E. 1979. O armazenamento atmosférico de vapor d'água sobre a região Amazônica. *Acta Amazônica* 9: 715-721.
- MARQUES, J., SALATI, E. & DOS SANTOS, M. 1980. Cálculo de evapotranspiração na bacia Amazônica a traves do método aerológico. *Acta Amazônica* 10: 357-361.
- MARSHALL, L. G. & LUNDBERG J.G. 1996. Miocene Deposits in the Amazonian Foreland basin. *Science* 273: 123-124.
- MATSUYAMA, H. 1992. The water budget in the Amazon River Basin during the FGGE Period. *J. Meteor. Soc. Japan* 70: 1071-1083.
- MEADE, R., RAYOL, J., CONCEICAO, S. & NATIVIDADE, J. 1991. Backwater effects in the Amazon river basin of Brasil. *Environ. Geol. Sci.* 18: 105-114.



- MENDOZA, O., PICON, J. & GONZÁLES 1989. Informe de la expedición de recolección de Germoplasma de "Camu Camu" (*Myrciaria dubia*) en la Amazonía peruana. Informe técnico N°.11. Programa de Investigación en cultivos tropicales. INIA. Lima. 19 p.
- MENDOZA, R.O. & PINEDO, P.M. 1992. Veinte años de investigación agrícola; avances y perspectivas. INIAA, E.E.A. "San Roque". Iquitos, Perú. 96 p.
- METSON, A.J. 1961. Methods of chemical analysis for soil survey samples. New Zeland, R.E. Owen, Government Printer Wellington. 119 p.
- MIALL A. D. 1997 The Geology of Stratigraphic Sequences. Springer-Verlag, Berlin 433 p.
- MILLER, J. & RUSSELL, G. 1992. The impact of global warming on river runoff. J. Geophys. Res. 97: 2757-2764.
- MOLION, L. & MORAES, J. 1987. Oscilação Sul e descarga de rios na América do Sul tropical, Rev. Bras. Eng., Caderno de Hidrologia 5(1): 53-63.
- MONIZ, A.C., FURLANI, A.M.C., SCHAFFERT, R.E., FAGERIA, N.K., ROSOLEM, C.A. & CANTARELLA, H. (eds.) 1996. Plant-Soil Interactions at low pH: Sustainable Agriculture and Forestry Production. Proceedings of the Fourth International Symposium on Plant-Soil Interactions at Low pH, Belo Horizonte, MG, Brasil. Brazilian Soil Science Society, Campinas, SP, Brasil.
- MORA-URPI, J. 1995. Pejibaye. En: Cultivo de pijuayo para palmito. Universidad de Costa Rica, San José - Costa Rica. pp 1-21.
- MORA-URPI, J., VARGAS, E. & LÓPEZ, C. 1984. The Pijuayo palm (*Bactris gasipaes* Kunth). FAO - Universidad de Costa Rica - Banco Nacional de Costa Rica. 16 p.
- MORIZE, H. 1922. Contribuição ao Estudo do Clima do Brasil. Ministerio da Agricultura, Industria e Comercio. Observatorio Nacional de Rio de Janeiro.
- MUNSELL COLOR 1990. Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland 21218. Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation. USA.
- MYERS, N. 1990. The biological challenge: extended hot-spots analysis. The Environmentalist 10: 243-256.
- NAIR, P.K.R. & FERNANDES, E. 1986. La agrosilvicultura como alternativa a la agricultura migratoria. En: FAO, Sistemas mejorados de producción como alternativa a la agricultura migratoria. FAO, Boletín de Suelos 53: 183-216.
- NAIR, P.K.R. 1985. Classification of agroforestry systems. Agroforestry Systems 3: 97-128.
- NAIR, P.K.R. 1989. Agroforestry defined. En: Nair, P.K.R. (ed.), Agroforestry Systems in the Tropics. Forestry Sciences, Vol. 31. Kluwer Academic Publisher/ICRAF. London. pp. 13-18.
- NCSU 1972. Agronomic-Economic Research on Tropical Soils. Annual Report 1972. Soil Sience Department, North Carolina State University, Raleigh
- NCSU 1973. Agronomic-Economic Research on Tropical Soils. Annual Report 1973. Soil Sience Department, North Carolina State University, Raleigh
- NCSU 1976. Agronomic-Economic Research on Tropical Soils. Annual Report 1975. Soil Sience Department, North Carolina State University, Raleigh.
- NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. 1975. A rapid and accurate method for estimating organic carbon in soil. Proceedings of the Indiana Academy of Science 84: 456-462.
- NICHOLAIDES, III, J.J., BUNDY, D.E., SANCHEZ, P.A., BENITES, J.R., VILLACHICA, J.H., COUTU, A.J. & VALVERDE, C.S. 1985. Agricultural alternatives for the Amazon Basin. BioScience 35(5): 279-285.
- NIZHIZAWA, T. & KOIKE, Y. 1992. Amazon-Ecology and Development, Iwanami, Tokyo. 221 p.

- NOBRE, C., SELLERS, P. & SHUKLA, J. 1991. Amazonian deforestation and regional climate change. *J. Climate* 4: 957-988.
- ODI 1997. Una visita al cultivo migratorio. Red Forestal para el Desarrollo Rural, Boletín 21. ODI, Londres, Reino Unido. 36 p.
- OFIRENA 1996. Memoria anual 1996. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Oficina Regional del Instituto Nacional de Recursos Naturales. Iquitos. s.p.
- OFIRENA 1998. Memoria anual 1997. Instituto Nacional de recursos naturales, Oficina Regional del Instituto Nacional de recursos naturales. Iquitos. s.p.
- OLTMAN, R. 1967. Reconnaissance investigations of the discharge and water quality of the Amazon. En *Atas do Simp. Sobre Biota Amazônica (Rio de Janeiro)* CNPQ 3: 163-185.
- ONERN 1975. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona de Iquitos, Nauta, Requena y Colonia Angamos. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. 146 p.
- ONERN 1976a. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la Selva: zona Iquitos, Nauta, Requena y Colonia Angamos. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. 269 p.
- ONERN 1976b. Mapa ecológico del Perú (Guía explicativa). Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. 146 pp. + anexo.
- ONERN 1981. Mapa de capacidad de uso mayor de las tierras del Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. Escala 1: 1000000, 6 láminas.
- ONERN 1982. Clasificación de las tierras del Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. 161 p.
- ONERN 1988. Estudio de suelos y capacidad de uso mayor de las tierras de la estación experimental agrícola "El Dorado", Iquitos (Detallado). Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima.
- ONERN 1986. Perfil ambiental del Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. 275 p.
- ONERN 1991. Estudio detallado de suelos y reconocimiento de cobertura y uso de la tierra (Iquitos). Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. 153 p.
- ONERN & EMDEPALMA 1982. Estudio detallado de suelos y semidetallado de forestales de la zona del río Maniti (Iquitos). Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales y Empresa para el Desarrollo y Explotación de la Palma Aceitera S.A., Lima.
- ONERN-GRL-AECI 1991. Estudio detallado de suelos y reconocimiento de cobertura y uso de la tierra (Iquitos). Informe, Anexos y Mapas. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima. 153 p.
- OTS-CATIE 1986. Sistemas agroforestales. Principios y aplicaciones en los trópicos. San José, Costa Rica. 818 p.
- PADILLA, J.L. & MAURY, A.E. 1992. Evaluación de las purmas en la Cuenca Baja del Nanay. Universidad Nacional de la Amazona peruana, Facultad de Ingeniería Forestal. Iquitos. 38 pp. + Anexos.
- PADOCH, C., CHOTA INUMA, J., DE JONG, W. & UNRUH, J. 1985. Amazonian agroforestry: a merked-oriented system in Peru. *Agrofor. Syst.* 3(1-2): 5-55.
- PADOCH, C. & DE JONG, W. 1987. Traditional agroforestry practices of native and ribereño farmers in the lowland Peruvian Amazon. En: Gholtz, H.L. (ed.) *Agroforestry: realities, possibilities and potentials*. Martinus Nijhof Publishers, Dortrecht. pp. 179-194.
- PALO, M. 1994. Population and deforestation. En: Brown, K. & Pearce, D.W. (eds.) *The Causes of Tropical Deforestation. The Economic and Statistical Analysis of Factors Giving Rise to the Loss of the Tropical Forests*. UCL Press, London. pp. 42-56.

- PAREDES A., G., RODRIGUEZ A., F. & SZOTT, L. 1993. Caracterización del potencial de fertilidad natural de los suelos aluviales de la zona Iquitos-Nauta (ríos Amazonas e Itaya). UNAP/IIAP/INIAA-Yurimaguas. Resumen de investigaciones apoyadas por Fundeagro. 1988-1992. Segunda parte. Lima-Perú. pp. 182-186.
- PAREDES A., G. 1986. Estimation des besoins externes et internes en phosphore du niebé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) à différents stades de croissance - Etude des relations de ces besoins avec l'absorption du phosphore et la production de matière sèche. Service de la Science du Sol. Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat Gembloux-Belgique. 225 p.
- PARMENTER, F. 1976. A southern hemisphere cold front passage at the equator. Bull. Amer. Met. Soc. 57: 1435-1440.
- PARODI, J.L. & FREITAS, D. 1990. Geographical aspects of forested wetlands in the lower Ucayali, Peruvian Amazonia. Forest Ecology and Management 33/34: 157-168.
- PEARCE, D. & MORAN, D. 1994. The Economic Value of Biological Diversity. Earthscan, London.
- PEARCE, D. & BROWN, K. 1994. Saving the World's Tropical Forests. En: Brown, K. & Pearce, D.W. (eds.) The Causes of Tropical Deforestation. The Economic and Statistical Analysis of Factors Giving Rise to the Loss of the Tropical Forests. UCL Press, London. pp. 2-26.
- PENNANO, G. 1988. La economía del caucho. CETA, Iquitos, Perú. 264 p.
- PETERS, C., GENTRY, A. & MENDELSON, R. 1989. Valuation of an Amazonian rainforest. Nature 339: 655-656.
- PICON, de E.C., ACOSTA, V.A.A., HIDALGO, D.G. & CARDENAS, M.R. 1992. Sistema de producción piñuayo (*Bactris gasipaes*) – arazá (*Eugenia stipitata*). INIAA, EEA "San Roque", CTTA. Proyecto TTA/AID. Guía Didáctica N°1. Iquitos, Perú. 27 p.
- PINEDO V., M. 1996. Camu Camu (*Myciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh) Una propuesta agroecológica para la Amazonía baja. Bosques Amazónicos. 1(2): 7-8.
- PINEDO V., M. & JIP, D.Z. 1992. Economic returns from forest conversion in the Peruvian Amazon. Ecological Economics 6.
- PIRES, J.M. & PRANCE, G.T. 1985. Notes on the vegetation types of the Brazilian Amazon. En: Prance G.T. & Lovejoy T.E. (eds.) Key Environments: Amazonia. Pergamon Press, Oxford. pp. 109-145.
- PRANCE, G.T. 1979. Notes on the vegetation types of Amazonia. III. The terminology of Amazonian forest types subject to inundation. Brittonia 31: 26-38.
- PRANCE, G.T. (ed.) 1982. Biological diversification in the tropics. Columbia University Press, New York. 714 p.
- PRANCE, G.T. 1989. American tropical forests. En: Lieth, H. & Werger, M.J.A. (eds.) Ecosystems of the world 14B. Tropical rain forest ecosystems: Biogeographical and ecological studies. Elsevier, Amsterdam, Holanda. pp. 99-132.
- PUHAKKA, M., KALLIOLA, R., SALO, J. & RAJASILTA, M. 1993. La sucesión forestal que sigue a la migración de ríos en la selva baja peruana. En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.) Amazonía peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 167-200.
- PUHAKKA, M., KALLIOLA, R., RAJASILTA, M. & SALO, J. 1992. River types, site evolution and sucesional vegetation pattern in Peruvian Amazonia. Journal of Biogeography 19: 651-665.
- PUHAKKA, M. & KALLIOLA, R. 1995. Floodplain vegetation mosaics in Western Amazonia. Biogeographica 71(1): 1-14.



- QUEVEDO, A. 1996. Como producir "Uña de Gato" para no devastar a las pocas plantas naturalmente existentes en la jungla amazónica. *Agronoticias*. Perú. 190: 34-35.
- QUIJANDRIA, B. & CABALLERO, W. 1994. La evolución ambiental de la Región Loreto: Resultados de un estudio de evaluación y propuesta de políticas y acciones. CE & DAP, Fundación Ford. Lima. 213 p.
- QUISPE, J., URCUHUARANGA, F., KAUFFMAN, J.H. & CREUTZBERG, D. 1995. Reference Soil Profiles of Peru, field and analytical data. International Soil Reference and Information Centre, y Instituto Nacional de Recursos Naturales, Lima.
- RAINTREE, J.B. & WARNER, K. 1986. Agroforestry pathways for the intensification of shifting cultivation. *Agroforestry Systems* 4: 39-54.
- RAUA, J.G. & WOOTEN, D.C. (eds.) 1980. Environmental impact analysis handbook. McGraw-Hill, New York. 656 p.
- RAZON, J.P. 1978. Cultivo de corte y quema y evolución del medio forestal en el noroeste amazónico. Los Bosques del Ampiyacu, Informe Preliminar. 19 p.
- REBATA L. 1997. Description of Neogene-Quaternary tide and wave-influenced estuary-sediments along Nauta Iquitos Road, km 0-15, Loreto-Peru, NW Amazonia. Masters degree thesis, Department of Geology, University of Turku, Finland. 105 p.
- RECEL, M.R. 1988. Entisols. En: Magliano, A.R., Metra, T.M. & Pagsuberon, I.C. (eds.) *Soil Taxonomy: Key to effective land use*. Philippine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development. Los Baños, Laguna. Filipinas. pp. 63-75.
- REIFSNIDER, W.S. & DARNHOFFER, T.O. 1987. Design of agroforestry study and experiments: New designs. Report of Working Group II, Assessment of the environmental impact of agroforestry interventions. En: Reifsnider, W.S. & Darnhofer, T.O. (eds) *Meteorology and Agroforestry*. ICRAF/WMO/UNEP/GTZ, Nairobi. pp. 16-17.
- REINECK, H.-E. & SINGH, I.B. 1975. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg and New York.
- RENNER, S.S., BALSLEV, H. & HOLM-NIELSEN, L.B. 1990. Flowering plants of Amazonian Ecuador - a checklist. *AAU Reports* 24: 1-241.
- RICHEY, J., NOBRE, C. & DESER, C. 1989. Amazon river discharge and climate variability: 1903 to 1985. *Science* 246: 101-103.
- ROCHA, H., NOBRE, C. & BARROS, M. 1989. Variabilidade natural de longo prazo no ciclo hidrológico da Amazônia. *Climanálise* 4(12): 36-42.
- RODRIGUEZ A., F. 1990. Los suelos de áreas inundables de la Amazonía peruana: potencial, limitaciones y estrategia para su investigación. *Folia Amazónica* 2: 7-25.
- RODRIGUEZ A., F., RAMIREZ B., J. & CAMPOS B., L. 1987. Manejo de suelos aluviales inundables en Iquitos. Informe técnico semestral. I semestre 1987. Instituto de Investigaciones de la Amazonía peruana. Iquitos-Perú.
- RODRIGUEZ A., F. et al. 1991. Los suelos de la región del Amazonas según unidades fisiográficas. *Folia Amazónica* 3: 7-21.
- ROPELEWSKI, C. & HALPERT, M. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño-Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.* 115: 1606-1626.
- ROPELEWSKI, C. & HALPERT, M. 1989. Precipitation patterns associated with the High Index of the Southern Oscillation. *J. Climate* 2: 268-284.
- RUEGG, W. & ROSENZWEIG, A. 1949 Contribucion a la geología de las formaciones modernas de Iquitos y de la Amazonía Superior. *Sociedad Geologica del Peru*. Volumen jubilar 25. Aniversario, parte II: 1-24.

- RUIZ, J. 1995. El mercado de Palmito en cifras. En: Cultivo de pijuayo para palmito. Universidad de Costa Rica - San José - Costa Rica. pp. 1-10.
- RUOKOLAINEN, K., LINNA, A.M. & TUOMISTO, H. 1997. Use of Melastomataceae and pteridophytes for revealing phytogeographic patterns in Amazonian rain forests. *Journal of Tropical Ecology* 13: 243-256.
- RUOKOLAINEN, K. & TUOMISTO, H. 1993. La vegetación de terrenos no inundables (tierra firme) en la Selva Baja de la Amazonía peruana. En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.) Amazonía peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 139-153.
- RUOKOLAINEN, K., TUOMISTO, H., RÍOS, R., TORRES, A. & GARCÍA, M. 1994. Comparación florística de doce parcelas en bosque de tierra firme en la Amazonía peruana. *Acta Amazonica* 24(1/2): 31-48.
- RUSSELL, G. & MILLER, J. 1990. Global river runoff calculated from a global atmospheric general circulation model. *J. Hydrol.* 117: 241-254.
- RUTTER, R. 1990. Catálogo de plantas útiles de la Amazonía peruana. En: Comunidades y culturas peruanas. Instituto Lingüístico de Verano. Pucallpa, Perú. 22, 349 p.
- RÄSÄNEN, M.E., LINNA, A.M., SANTOS, J.C.R. & NEGRI, F.R. 1995. Late Miocene tidal deposits in the Amazonian foreland basin. *Science* 269: 386-390.
- RÄSÄNEN, M., NELLER, R., SALO, J. & JUNGNER, H. 1992. Recent and ancient fluvial depositional systems in the Amazonian foreland basin, Peru. *Geological Magazine* 129: 293-306.
- RÄSÄNEN, M., SALO, J., JUNGNER, H. & ROMERO PITTMAN, L. 1990. Evolution of the Western Amazon lowland relief: impact of Andean foreland dynamics. *Terra Nova* 2: 320-332.
- RÄSÄNEN, M. 1993. La geohistoria y geología de la Amazonía Peruana. En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.) Amazonía peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 43-67.
- SALATI, E. & MARQUES, J. 1984. Climatology of the Amazon region. En: Sioli, H. (ed.) The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin. W. Junk, Dordrecht, The Netherlands.
- SALATI, E., DALL'OLIO, A., MATSUI, E. & GAT, J. 1979. Recycling of water in the Amazon basin: An isotopic study. *Water Resource Res.* 15: 1250-1258.
- SALDARRIAGA, J.G. & VAN DER HAMMEN, T. (eds.) 1993. Ecología del paisaje del medio Caquetá. Memoria explicativa de los mapas. Capítulo 4, Suelos. Bogotá, Colombia. pp. 41-78.
- SALDARRIAGA, J.G. 1986. Forest succession in the Upper Río Negro of Colombia and Venezuela. Ph.D. Thesis. University of Tennessee at Knoxville.
- SALO, J., KALLIOLA, R., HÄKINEN, I., MÄKINEN, Y., NIEMELÄ, P., PUHAKKA, M. & COLEY, P.D. 1986. River dynamics and the diversity of the Amazon lowland forest. *Nature* 322:254-258.
- SALO, J. & RÄSÄNEN, M. 1989. Hierarchy of landscape patterns in Western Amazon. En: Holm-Nielsen, L.B., Holm-Nielsen, I.C. & Balslev, H. (eds.) Tropical forests: botanical dynamics, speciation and diversity. Academic Press, London. pp. 35-45.
- SAN ROMAN, J. 1994. Perfiles históricos de la Amazonía peruana. CETA/CAAP/IIAP, Iquitos. 274 p.
- SAN VALENTÍN, G.O. 1988. Mineralogy of soils. En: Maglino, A.R., Metra, T.M. & Pagsuberon, I.C. (eds.) Soil Taxonomy: Key to effective land use. Philippine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development. Los Baños, Laguna. Filipinas. pp. 54-62.
- SANCHES, P.A., & BUOL, S.W. 1974. Properties of Some Soils of the Upper Amazon Basin of Peru. - *Soil Science of America Proceedings* 38(1): 117-121.

- SANCHEZ, P.A. & BANDY, D.E. 1982. Suelos de la Amazonía y su manejo para producción continua de cultivos. *Suelos Ecuatoriales* 12(2): 301-315.
- SANCHEZ, P.A. & BENITES, J.R. 1983. Opciones tecnológicas para el manejo racional de suelos en la selva peruana. Instituto Nacional de Investigaciones y Promoción Agropecuaria (INIPA) - North Carolina State University. Separata N° 6. Yurimaguas. 68 p.
- SANCHEZ, P.A. & van HOUTEN, H. 1994. Alternatives to slash-and burn agriculture. 15th International Soil Science Congress, Acapulco, Mexico. 119 p.
- SANCHEZ, P.A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. A Wiley - Interscience Publication, U.S.A. pp. 388-399.
- SANCHEZ, P.A. 1989. Humid Tropics. En, *Tropsoils report 1986-1987*. North Carolina State University.
- SANCHEZ, P.A., BANDY, D.E., VILLACHICA, J.H. & NICHOLAIDES, J.J. 1982. Amazon basin soils: Management for continuous crop production. *Science* 216: 821-827.
- SANCHEZ, P.A., GARRITY, D.P., BANDY, D.E., TORRES, F. & SWIFT, M.J. 1995. Alternativas sustentáveis à agricultura migratória e a recuperao de áreas degradadas nos trópicos úmidos. En: Kanashiro, M. & Parrota, J.A. (eds.) *Manejo e Rehabilitao de áreas degradadas e florestas secundárias na Amazônia*. Anais de um Simposio/Workshop Internacional, Santarém, Pará, Brasil, 18-22 Abril 1993. International Institute of Tropical Forestry USDA - Forest Service, Río Piedras, Puerto Rico, USA. pp. 1-13.
- SASINGOLO, C., RODRIGUES, R. & ETCHICHURRY, P. 1992. Tendências nas temperaturas médias do Brasil. *Anais do VII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. 1: 367-371.
- SEGECO S.A. 1997. Estudio del impacto ambiental Carretera Iquitos-Nauta. Tomo I. y Tomo II, 8 Planos.
- SELUCHY, M. & NERY, J. 1992. Condiciones meteorologicas asociadas a la ocurrencia de heladas en la region de Maringá. *Revista Brasileira de Meteorologia* 7: 523-534.
- SERRA A. & RATISBONA, L. 1942. As massas de ar da America do Sul. Ministerio da Agricultura, Serviço de Meteorologia. Rio de Janeiro 1942.
- SHUTTLEWORTH, W.J. 1988. Evaporation from Amazonian rainforests. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, B233. 321-346.
- SIOLI, H. (ed.) 1984. The Amazon. Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin. Dr. W. Junk Publisher, Dordrecht, Boston, Lancaster. 749 p.
- SIPS, P.A. 1995. Management of tropical secondary rain forests in Latin América (Today's challenge, tomorrow's accomplished fact!). Taller Internacional sobre Estado Actual y Potencial de Manejo y Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina. Pucallpa, Perú 2-6 junio de 1997. 71 p.
- SIPS, P.A., van der LINDEN, B.A. & van DIJK, K. 1996. The potential of tropical secondary rainforest management in Latin America. Taller Internacional sobre Estado Actual y Potencial de Manejo y Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina. Pucallpa, Perú, 2-6 junio 1997. 9 p.
- SMOUSE, P.E., LONG, J.C. & SOKAL, R.R. 1986. Multiple Regression and Correlation Extensions of the Mantel Test of Correspondence. *Systematic Zoology* 35: 627-632.
- SOIL SURVEY STAFF 1992. Keys to Soil Taxonomy. 5. ed. SMSS Technical Monograph no. 19 Pocahontas Press, Blacksburg.
- SOIL SURVEY STAFF 1994. Keys to soil taxonomy. 6. ed. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service. 306 p.
- SOMBROEK, W.G. 1966. Amazon soils - Centre Agricult. Publ. a. Document, Wageningen. 292 p.
- SOURDAT, T. 1987. Reconnaissances pédologiques en Amazonie péruvienne. Problèmes de pédogenèse et de mise en valeur. *Cahier ORSTOM série Pédologie* 23(2): 95-107.



- SPICHIGER, R., LOIZEAU, P.-A., LATOUR, C. & BARRIERA, G. 1996. Tree species richness of a South-Western Amazonian forest (Jenaro Herrera, Peru). *Candollea* 51: 559-577.
- SZOTT, L.T. & CASTILLA, C.E. 1990. El programa de suelos tropicales de la Universidad Estatal de Carolina del Norte. Esfuerzo colaborativo entre el INIAA y NCSU. En: FUNDEAGRO. Estrategias para el desarrollo de la investigación agropecuaria en la Selva Alta y baja del Perú. Lima, Perú. pp. 37-64.
- SZOTT, L.T., PALM, C.A. & SANCHEZ, P.A. 1991. Agroforestry in acid soils of the humid tropics. *Advances in Agronomy* 45: 275-301.
- TARDY, Y., MORTATTI, J., RIBEIRO, R., VICTORIA, R., PROBST, J. L. 1994. Fluctuations de la pluviosité, de l'écoulement et de la température sur le bassin d l'Amazonie et oscillations du climat global au cours du siècle écoulé. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 318(2): 955-960.
- TCA-BID 1998. Manual de zonificación ecológica-económica para la Amazonía Peruana. Ministerio de Relaciones Exteriores - Comisión Nacional Permanente Peruana del Tratado de Cooperación Amazónica. Unidad de Seguimiento del Subprograma II, Convenio TCA-BID. Lima-Perú.
- TELLO, R. & BURGA, R. s/f. Ordenación, aprovechamiento y regeneración de purmas en la localidad de Llanchara y Puerto Almendras. Universidad Nacional de la Amazona Peruana, Facultad de Ingeniería Forestal. 19 p.
- TER STEEGE, H., JETTEN, V.G., POLAK, A.M. & WERGER, M.J.A. 1993. Tropical rain forest types and soil factors in a watershed área in Guyana. *Journal of Vegetation Science* 4: 705-716.
- TERBORGH, J., FOSTER, R.B. & NUÑEZ, P. 1996. Tropical tree communities: a test of the nonequilibrium hypothesis. *Ecology* 72(2): 561-567.
- TILMAN, D. 1986. Resources, competition and the dynamics of plant communities. En: Crawley, M.J. (ed.) *Plant ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 51-75.
- TILMAN, D. 1994. Competition and biodiversity in spatially structured habitats. *Ecology* 75: 2-16.
- TORRES, F. 1975. Agroforestería: Conceptos y Prácticas. ICRAF, Nairobi, Kenya. 16 p.
- TORRES VASQUEZ, J. 1993. Manejo forestal, un camino hacia la conservación de los bosques en la Selva Baja. En: Kalliola, R., Puhakka, M. & Danjoy, W. (eds.) *Amazonía peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino*. Proyecto Amazonía de la Universidad de Turku y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Jyväskylä, Finlandia. pp. 221-233.
- TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA - TCA 1994. Los recursos fitogenéticos de cultivos alimenticios y frutales amazónicos. Lima - Perú.
- TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA - TCA 1995a. Uso y conservación de la fauna silvestre en la Amazonia. Lima - Perú.
- TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA - TCA 1995b. Plantas medicinales amazónicas: realidad y perspectivas. Lima - Perú. 302 p.
- TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA - TCA 1996a. El cultivo de Camu Camu (*Myciaria dubia* H.B.K. McVaugh) en la Amazonia Peruana. Proyecto de capacitación para el uso sostenible de la Biodiversidad amazónica. Lima-Perú. 95 p.
- TRATADO DE COOPARCIÓN AMAZÓNICA - TCA 1996b. Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonía. Lima-Perú.
- TREWARTHA, G. 1981. *The earth's Problem Climates*. The University of Wisconsin Press. Second edition. 371 p.
- TROPSOILS. 1984. Program plan 1984-1989. TropSoils -AID, Grant DAN 1311-G-SS-1083-00. USA. 282 p.
- TUOMISTO, H. & POULSEN, A.D. 1996. Influence of edaphic specialization on pteridophyte distribution in neotropical rain forests. *Journal of Biogeography* 23(3): 283-293.

- TUOMISTO, H. & RUOKOLAINEN, K. 1994. Distribution of Pteridophyta and Melastomataceae along an edaphic gradient in an Amazonian rain forest. *Journal of Vegetation Science* 5(1): 25-34.
- TUOMISTO, H., LINNA, A. & KALLIOLA, R. 1994. Use of digitally processed satellite images in studies of tropical rain forest vegetation. *International Journal of Remote Sensing* 15(8): 1595-1610.
- TUOMISTO, H., RUOKOLAINEN, K., KALLIOLA, R., LINNA, A., DANJOY, W. & RODRIQUEZ, Z. 1995. Dissecting Amazonian biodiversity. *Science* 269: 63-66.
- TUUKKI, E., JOKINEN, P. & KALLIOLA, R. 1996. Migraciones en el río Amazonas en las últimas décadas, sector de confluencia ríos Ucayali y Marañón - Isla de Iquitos. *Folia Amazónica* 8(1): 111-131.
- TYLER, E.J. 1975. Genesis of the soils within a detailed soil survey area in the upper amazon basin, Yurimaguas, Peru. Tesis Ph.D. Raleigh. Department of Soil Science. North Carolina State University. 165 p.
- UHL, C. & NEPSTAD, D. 1990. Perturbaciones naturales y antropogénicas en la Amazonía. En: Anderson, A. (ed.) *Alternativas a la deforestación*. Ediciones ABYA-YALA, Cayambe, Ecuador. pp. 45-76.
- UHL, C. 1982. Recovery following disturbance of different intensities in the Amazon rain forest of Venezuela. *Interciencia* 7(1): 19-24.
- UHL, C., BUSCHBACHER, R. & SERRAO, E.A.S. 1988. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology* 76: 663-681.
- UHL, C., CLARK, H. & CLARK, K. 1982. Successional patterns associated with slash-and-burn agriculture in the Upper Río Negro of the Amazon Basin. *Biotropica* 14(4): 249-254.
- UHL, C., CLARK, K., CLARK, H. & MURPHY, P. 1981. Early plant succession after cutting and burning the upper Río Negro region of the Amazon basin. Michigan, USA. pp. 631-549.
- UHL, C., NEPSTAD, D. & BUSCHBACHER, R. 1989. Disturbance and regeneration in Amazonia: Lessons for sustainable land use. *The Ecologist* 19(6): 235-240.
- UNA 1993. Evaluación Ecológica de la Reserva Nacional Pacaya-Samiria. Centro de Datos para la Conservación, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 106 p. + Anexos.
- UNAP - FIF. 1996. Estudio de los recursos forestales. Universidad Nacional de la Amazona Peruana, Facultad de Ingeniería Forestal.
- UNEP 1993. Guidelines for Country Studies on Biological Diversity. United Nations Environment Programme, Nairobi.
- UNRUH, J. & FLORES, S. 1984. Abundancia relativa de componentes útiles en las antiguas purmas manejadas de Brillo Nuevo. Jardín Botánico de Nueva York. Documento 11: 1-288.
- WAGNER, R. 1996. Decadal-scale trends in mechanisms controlling meridional sea surface temperature gradients in the tropical Atlantic. *J. Geophys. Res.* 101: 16683-16694.
- VALDERRAMA, H. 1984. Estudio de las propiedades físicas y su variación en el tronco de *Tachigali longiflora* Ducke y *Sclerolobium melinonii* Harris en Puerto Almendras - Iquitos. Tesis Ing. For. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos. 92 p.
- VALDERRAMA, H. 1994. Alternativas de uso industrial de nuevas especies forestales de la Amazonía peruana. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Facultad de Ingeniería Forestal. 40 p.
- VALDERRAMA, H. & AROSTEGUI, A. 1986. Usos de las maderas del bosque húmedo tropical Allpahuayo-Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Facultad de Ingeniería Forestal e Instituto de Investigaciones de la Amazonía peruana. Iquitos. 27 p.
- VALENCIA, R., BALSLEV, H. & PAZ Y MIÑO, G. 1994. High tree alpha-diversity in Amazonian Ecuador. *Biodiversity and Conservation* 3: 21-28.

- WALTER, H. & BRECKLE, S.-W. 1984. Ecological Systems of the Geobiosphere. Tropical and subtropical zonobiomes. Springer Verlag, Berlin. 465 p.
- VAN BAREN, J.H.V. & BOMER, W. 1979. Procedures for the collection and preservation of soil profiles. International Soil Museum. Technical paper 1. Wageningen-Holanda. 23 p.
- VAN DE VEN, T., TEMPEL, P. & VERHAGEN, J. 1995. ISRIC soil information system ISIS 4.0 User manual. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). Technical paper 15. Wageningen-Holanda. 49 p.
- VAN DER WERFF, H. 1990. Pteridophytes as indicators of vegetation types in the Galapagos Archipelago. Monogr. Syst. Missouri Bot. Gard. 32: 79-92.
- VAN DER WERFF, H. 1992. Substrate preference of Lauraceae and ferns in the Iquitos área, Peru. *Candollea* 47: 11-20.
- VAN REEUWIJK, L.P. 1993. Procedures for soil analysis. International Soil Reference and Information Centre. Technical Paper, N° 9 (4th edition). Wageningen-Holanda.
- VAN STEENIS, C.G.G.J. 1969. Plant speciation in Malesia, with special reference to the theory of non-adaptive saltatory evolution. *Biol. J. Linn. Soc.* 1: 97-133.
- VAN WAMBEKE, A. 1995. Sols des tropiques, propriétés et appréciation. Traduit de l'anglais par Jean Lozet et Jean Chapelle. Institut Supérieur Industriel, Huy-Belgique. CTA et Trop ASBL Huy-Belgique. 288 p.
- WARNER, K. 1994. La agricultura migratoria. Conocimientos técnicos locales y manejo de los recursos naturales en el trópico húmedo. FAO, Roma, Italia. 80 p.
- VASQUEZ, R. 1989. Plantas útiles de la Amazonía peruana I. Iquitos (Perú). 194 p.
- VASQUEZ, R. 1997. Flórlula de las reservas Biológicas de Iquitos, Perú. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, vol 63. Missouri Botanical Garden Press. 1046 p.
- VASQUEZ, R. & GENTRY, A.H. 1989. Use and misuse of forest - harvested fruits in the Iquitos area. *Conserv. Biol.* 3: 350-361.
- WATHERN, P. (ed.) 1992. Environmental impact assessment: theory and practice. Routledge, London (2. edición). 332 p.
- WATERS, R.F. 1968. La agricultura migratoria en el Perú. Mérida, Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación (IFLAIC). 90 p.
- WATERS, R.F. 1971. La agricultura migratoria en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Cuadernos de Fomento Forestal 17: 1-342.
- WEAVER, P.L. & BIRDSEY, R.A. 1995. Bosques secundarios como fuente de madera: Técnicas de evaluación y manejo. 25 p.
- VEILLON, L. & SORIA-SOLANO B. 1988 Transition sol ferralitique-podzol: cas d'une terrasse sédimentaire de l'Ucayali (Pérou). *Cah. ORSTOM. Sér. Pédol* 24(2): 97-113.
- WEISCHET, W. & CAVIEDES, C.N. 1993. The persistent ecological constraints of tropical agriculture. Longman, England.
- WHITTIG, L.D. 1991. Espectrometría de fluorescencia de rayos X en los análisis de plantas y suelos. En: Chapman, H.D. & Pratt, P. F. (eds.) Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Mejico. pp. 144-148.
- VICTORIA, R., MARTINELLI, L., MORAES, J., BALLESTER, M., KRUSCHE, A., PELLEGRINOI, G., ALMEYDA, R. & RICHEY, J. 1998. Surface air temperature variations in the Amazon región and its border during this century. *J. Climate* (en prensa).
- VILLA NOVA, N., SALATI, E. & MATSUI, E. 1976. Estimativa da evapotranspiração na bacia Amazônica. *Acta Amazônica* 6: 215-228.



- VISSER, W. (ed.) 1980. Geological Nomenclature. Royal Geological and Mining Society of the Netherlands. 540 p.
- VONHOF, H. 1998. The strontium isotope stratigraphic record of selected geologic events. Thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam. 138 p.
- VOROSMARTY, C., WILLMOTT, C., CHOUDHURY, B., SCHLOSS, A., STEARNS, T., ROBERTSON, S. & DORMAN, T. 1996. Analyzing the discharge regime of a large tropical river through remote sensing, ground-based climatic data, and modeling. *Wat. Resour. Res.* 32: 3137-3150.
- WRI-IUCN-UNEP 1992. Global Biodiversity Strategy: Guidelines for Action to Save, Study and Use the Earth's Biotic Wealth Sustainably and Equitably. World Resources Institute, Washington D.C.
- YATES, D. 1998. Climate change impacts on the hydrologic resources of South America: an annual, continental scale assessment. *Clim. Res.* 9: 149-155.
- YOUNG, K.R. & LEÓN, B. 1989. Pteridophyte species diversity in the central Peruvian Amazon: importance of edaphic specialization. *Brittonia* 41: 388-395.
- ZAGACETA, M.B. 1996. Nauta va a parir. *Kanatari* 5.5.1996: 15.
- ZAMORA, J.C. 1974. Los suelos de las tierras bajas del Perú. En: Bornemisza, E. & Alvarado, A. (eds.) *Manejo de lo suelos en la América Tropical*. North Carolina State University, Raleigh, N.C. USA. pp. 45-60.
- ZAVALETA, A. 1992. Edafología. El suelo en relación con la producción. 1ra. Edición. Lima-Perú. A & B S.A. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CONCYTEC. 223 p.
- ZENG, N., DICKINSON, R. & ZENG, X. 1996. Climatic impact of Amazon deforestation - A mechanistic study. *J. Climate* 9: 859-883.
- ZEVALLLOS, P. 1996. Identificación botánica de "Uña de Gato". Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 3 p.
- ZULBERTI, E. 1985. Informe del Curso - Taller sobre Investigación Agroforestal en la Región Amazónica. ICRAF, Nairobi, Kenya. 452 p.

SARJA – SER. A II.  
BIOLOGICA – GEOGRAPHICA - GEOLOGICA

101. **Eira Kanervo**, Environmental Stress and Photosynthesis. Significance of Membrane Lipid Unsaturation in the Function of Photosystem II of Cyanobacteria under High-Light and Low-Temperature Stress. 163 p. 1997.
102. **Sami Kurki**, Spatial Variation in the Breeding Success of Forest Grouse: the Role of Predation in Fragmented Boreal Forest Landscapes. 101 p. 1997.
103. **Arto Itkonen**, Past Trophic Responses of Boreal Shield Lakes and the Baltic Sea to Geological, Climatic and Anthropogenic Inputs as Inferred from Sediment Geochemistry. 128 p. 1997.
104. **Jürgen Wiehn**, Food Supply, Parental Abilities and Parasitism in the Reproduction of Kestrels. 94 p. 1997.
105. **Eija Yli-Panula**, The Presence and Persistence of Birch and Grass Pollen Antigenic Activity in Settled Dust. 96 p. 1997.
106. **Janne Uutera**, Impact of Management History on Forest Structure and Composition in Eastern and Central Finland. 135 p. 1998.
107. **Kari J. Karhu**, Green Islands: Top-down and Bottom-up Effects of Wood Ants in Forests under Folivore Attack. 82 p. 1998.
108. **Johanna Myllyharju**, Mammalian Metaphase Chromosome Structure: Structural Basis of G-banding and Distribution of Glycosylated Nonhistone Proteins. 94 p. 1998.
109. **Paula Mulo**, Mutagenesis of the D-E Loop in the Photosystem II Reaction Centre Protein D1. Consequences for the Assembly, Function and Turnover of Photosystem II in *Synechocystis* sp. PCC 6803. 102 p. 1998.
110. **Kaija Hakala**, Effect of Climate Change in the North on Growth, Yield Formation and Photosynthesis of Spring Wheat and Meadow Fescue. 160 p. 1998.
111. **Ulrika Candolin**, Constraints on Sexual Signalling in the Threespine Stickleback. 72 p. 1998.
112. **Minna Koivula**, Detection of Vole Scent Marks by Avian and Mammalian Predators: Role of Ultraviolet Sensitivity. 83 p. 1998.
113. **Anna Shevtsova**, Responses of Subarctic Dwarf Shrubs to Climate Change and Air Pollution. 127 p. 1998.
114. **Risto Kalliola & Salvados Flores Paitán (eds.)**, Geoecología y desarrollo Amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú. 544 p. 1998.

*Myyntijakelu / Distribution:*  
*Turku University Library*  
FIN-20014 TURKU, FINLAND  
Tel. Int. +358-2-333 6170  
Fax Int. +358-2-333 5050

ISBN 951-29-1338-0  
ISSN 0082-6979





90x70

# Mapa geocológico de la zona de Iquitos, Perú

## Geocological map of the region of Iquitos, Peru



Mapa geocológico de la zona de Iquitos, Perú  
Geocological map of the region of Iquitos, Peru

Este mapa ha sido elaborado por el proyecto multidisciplinario "Estudio integrado de las propiedades de la tierra, sus indicadores florísticos y los sistemas agrícolas apropiados en un centro de alta biodiversidad en la Amazonia peruana", y es un anexo del libro: Kalliola, R. y Flores, S. (eds.) Geocología y desarrollo Amazónico: Estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú (Annales Universitatis Turkuensis Ser. A II tom.114). El estudio ha sido financiado por la Unión Europea (STD3) y por la Academia de Finlandia.

**Elaboración del mapa**

**Imagen Landsat TM**

La imagen de satélite Landsat TM (WRS 006.63) presentada en el lado izquierdo de la parte superior fue tomada el 5 de agosto de 1993. La imagen consiste de píxeles (células) que corresponden a áreas de 30 x 30 m cada uno. Para cada píxel se ha registrado la intensidad de luz reflejada en siete bandas, de las cuales cada una corresponde a una longitud de onda específica de la radiación solar. Para producir la presente composición de colores se han utilizado los componentes principales de las bandas 1,4,5; 3,4,7; y 5,7; asignadas como los colores rojo, verde y azul, respectivamente. Así, la imagen presenta, en forma de colores y tonalidades, información desde luz visible hasta radiación infrarroja.

Los diferentes colores en la imagen indican variaciones en el tipo de cobertura de la tierra. Hasta algún nivel de precisión es posible identificar la conexión entre un color y un cierto tipo de cobertura basándose en la información cartográfica del terreno (ubicación de ciudades, ríos, carreteras y chacras). Por ejemplo, en esta imagen las áreas negras representan cuerpos de agua, las violetas representan terreno abierto (ciudades, playas, chacras recién abiertas) y las blancas o amarillas claras representan vegetación baja (páramos, chacras y vegetación sucesional a lo largo de los ríos). Los bosques primarios aparecen en color verde, pero con mucha variación en el tono desde verde muy claro hasta verde oscuro. Esta variación sugiere que hay varios tipos de bosque en el área. Además se observan las sombras de las colinas.

Las características de la vegetación son controladas por diferentes factores ambientales, como clima, hidrología y contenido de nutrientes en el suelo. Aunque la reflexión de la luz está principalmente determinada por la cobertura vegetal, la imagen también puede ser utilizada para interpretar detalles de diversas características medioambientales, hasta la historia geológica, ya que estos están muy relacionados con la vegetación, hidrología y suelos.

### Mapa interpretado y otros mapas temáticos

En el mapa interpretado se presenta un resumen de nuestro conocimiento sobre la relación entre los colores en la imagen de satélite y la realidad amazónica. Hemos utilizado mapas ya publicados, sobrevuelos en avioneta, fotografías aéreas y estudios en el campo para entender algunos colores en las áreas boscosas de la imagen. De esta manera se puede identificar, por ejemplo, los aguajales (verde muy claro) y varillales (verde negruzco), los cuales tienen apariencia muy distinta en el dosel. En el caso de la mayoría de los demás colores diferentes, no había diferencias obvias estructurales en el bosque, y la única manera de averiguar su significado fue mediante trabajos detallados de campo en varios sitios para colectar datos comparables de ríos, estructura del bosque, suelos y características geológicas. Eso se ha podido hacer solamente en algunos puntos dentro del área de estudio (puntos en color rojo), y por lo tanto en algunos puntos dentro del mapa interpretado son preliminares y en muchos lugares se necesitan estudios más detallados para confirmar la interpretación. Una de nuestras principales intenciones consiste en que este trabajo pueda inspirar a otros científicos para mejorar el producto con más observaciones de campo. Sin embargo es obvio que las diferentes unidades tienen características ecológicamente diversas, aspectos distintos de vegetación y flora y por lo tanto presentan también potencialidades diferentes del uso de la tierra. Para facilitar un desarrollo sostenible en la zona, es necesario respetar este tipo de variaciones.

Los recuadros y mapas temáticos a pequeña escala se presentan en los lados de esta hoja, para facilitar la comparación de unas características de la zona con las observaciones de campo. Sin embargo es obvio que las diferentes unidades tienen características ecológicamente diversas, aspectos distintos de vegetación y flora y por lo tanto presentan también potencialidades diferentes del uso de la tierra. Para facilitar un desarrollo sostenible en la zona, es necesario respetar este tipo de variaciones.

### Geocological map of the region of Iquitos, Peru

This map has been prepared as part of a multidisciplinary research project "An integrated study of land properties, their floristic indications and appropriate farming systems in an acknowledged biodiversity centre in Amazonian Peru" and it is annexed to the book: Kalliola, R. & Flores, S. (eds.) Geocología y desarrollo Amazónico: Estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú (Annales Universitatis Turkuensis Ser. A II tom.114). The study has been supported by the European Union (STD3) and the Academy of Finland.

### Preparation of the map

#### Landsat TM image

The Landsat TM image (WRS 006.63) (above, left) was acquired on 5 August 1993. In the satellite image, the land surface is divided into pixels of 30 m x 30 m, and for each pixel a value of reflectance intensity is recorded on seven

different wavelength bands of solar radiation. For producing this colour composite, we have used the principal components of the following band combinations: 1,4,5; 3,4,7; and 5,7, assigned as red, green and blue respectively. Thereby, the image represents information from visible to infrared reflection.

The different colours in the satellite image represent physical variation in the land surface characteristics. Some of the colours can be easily linked with well-known cartographic information, like rivers, towns, agricultural fields and roads. However, considerable amount of variation exists in natural forest areas in which environmental differences and similarities are poorly documented and are only rarely distinguishable on e.g. aerial photographs. In forest areas, the variation in reflectance values is determined by topography and vegetation, namely differences in forest structure, species composition and the physiological state of the plants.

The vegetation characteristics are controlled by environmental factors such as climate, hydrology and soil nutrient content. Furthermore, hydrology and soil nutrient content are linked with geological history and physiography of the area. Thus, even if vegetation reflects most of the radiation recorded by the satellite, it is possible to get an idea also about other environmental aspects.

### The interpreted map and other thematic maps

The interpreted map shows a summary of our present-day knowledge of the relationship between reflectance patterns in satellite imagery and the Amazonian reality. We have used maps, aerial photographs and field information of floristic composition, forest structure, soils and geological characteristics in explaining the environmental significance of the different reflectance patterns. Our exercise endeavours to demonstrate some environmentally relevant units in the surroundings of Iquitos and furthermore, to indicate, by presenting the uninterpreted satellite image, that the unit borders are not always unambiguous, and that the units often show some internal variation. Most of all, we hope that other researchers become inspired to develop the map further by collecting field data especially from areas that are presently missing observations. Further, because each unit in the map represents a distinct environment or forest type and also provides different possibilities for land use, variation like this should be taken into account in any effort for sustainable land use plans.

The other thematic maps and information boxes allow comparisons between different physiographic land features and details distinguishable in the satellite image. They also present some perceivable examples of the environmental processes and patterns as well as their implications for forest ecology and land use.

### Leyenda Legend

#### Áreas Inundables Inundated areas

1. Complejo de orillales del Río Amazonas  
Meadowland of River Amazon
  2. Llanura de desborde con vegetación boscosa y pantanosa  
Flood basin with forest and swamp vegetation
  3. Llanura de desborde con aguajal  
Flood basin with Mauritia flexuosa palm swamps
  4. Planicie de inundación del Río Nanay  
Floodplain of Nanay River
  5. Planicies de inundación de ríos pequeños  
Floodplains of minor rivers
- Áreas de tierra firme Areas of terra firme
6. Terraza no inundable  
Non-inundated terrace
  7. Paisaje disectado de tipo Nauta  
Dissected landscape of type Nauta
  8. Las arenitas blancas de Iquitos  
White sands of Iquitos
  9. Mosaico de áreas blancas, suelos francos y suelos arcillosos  
Mosaic of white sands, loamy soils and clayey soils

#### Paisaje ondulado de suelos arcillosos Undulating landscape of clayey soils

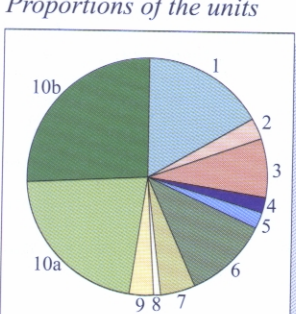
Lado occidental del Río Amazonas Western side of Amazon River

Lado oriental del Río Amazonas Eastern side of Amazon River

#### Otros símbolos Other symbols

- Lugar del estudio de campo Field study site
- Centro poblado City
- Casero Village
- Carretera afirmada Road
- Carretera no afirmada Trail
- Distancia desde Iquitos (km) Distance from Iquitos (km)
- Limite geocológico no afirmado Unconfirmed geocological limit

#### Porciones de las unidades Proportions of the units



### Lugares de estudio en el campo Field study sites

Tipo de estudio: G = Geología, P = Paleogeología, tipo de observación: P1 calicata de 0-1.5 m, P2 muestra superficial de 0-4.5 m, P3 hueco de barrenos 0-4 m, B = Botánica (B) parcela 20 x 20 m, B2 transecto 5 x 700 x 100 m, PU = Puma (bosque secundario), A = Agroforestería										
NRO	CODIGO	NOMBRE	G	P1	P2	P3	B1	B2	PU	A
1	BO1	Monito 1	x	x	x	x	x	x	x	x
2	BO2	Monito 2	x	x	x	x	x	x	x	x
3	BO3	Monito 3	x	x	x	x	x	x	x	x
4	BO4	Monito 4	x	x	x	x	x	x	x	x
5	BO5	Monito 5	x	x	x	x	x	x	x	x
6	BO6	Monito 6	x	x	x	x	x	x	x	x
7	BO7	Monito 7	x	x	x	x	x	x	x	x
8	BO8	Monito 8	x	x	x	x	x	x	x	x
9	BO9	Monito 9	x	x	x	x	x	x	x	x
10	BO10	Monito 10	x	x	x	x	x	x	x	x
11	BO11	Monito 11	x	x	x	x	x	x	x	x
12	BO12	Monito 12	x	x	x	x	x	x	x	x
13	BO13	Monito 13	x	x	x	x	x	x	x	x
14	BO14	Monito 14	x	x	x	x	x	x	x	x
15	BO15	Monito 15	x	x	x	x	x	x	x	x
16	BO16	Monito 16	x	x	x	x	x	x	x	x
17	BO17	Monito 17	x	x	x	x	x	x	x	x
18	BO18	Monito 18	x	x	x	x	x	x	x	x
19	BO19	Monito 19	x	x	x	x	x	x	x	x
20	BO20	Monito 20	x	x	x	x	x	x	x	x
21	BO21	Monito 21	x	x	x	x	x	x	x	x
22	BO22	Monito 22	x	x	x	x	x	x	x	x
23	BO23	Monito 23	x	x	x	x	x	x	x	x
24	BO24	Monito 24	x	x	x	x	x	x	x	x
25	BO25	Monito 25	x	x	x	x	x	x	x	x
26	BO26	Monito 26	x	x	x	x	x	x	x	x
27	BO27	Monito 27	x	x	x	x	x	x	x	x
28	BO28	Monito 28	x	x	x	x	x	x	x	x
29	BO29	Monito 29	x	x	x	x	x	x	x	x
30	BO30	Monito 30	x	x	x	x	x	x	x	x
31	BO31	Monito 31	x	x	x	x	x	x	x	x
32	BO32	Monito 32	x	x	x	x	x	x	x	x
33	BO33	Monito 33	x	x	x	x	x	x	x	x
34	BO34	Monito 34	x	x	x	x	x	x	x	x
35	BO35	Monito 35	x	x	x	x	x	x	x	x
36	BO36	Monito 36	x	x	x	x	x	x	x	x
37	BO37	Monito 37	x	x	x	x	x	x	x	x
38	BO38	Monito 38	x	x	x	x	x	x	x	x
39	BO39	Monito 39	x	x	x	x	x	x	x	x
40	BO40	Monito 40	x	x	x	x	x	x	x	x
41	BO41	Monito 41	x	x	x	x	x	x	x	x
42	BO42	Monito 42	x	x	x	x	x	x	x	x
43	BO43	Monito 43	x	x	x	x	x	x	x	x
44	BO44	Monito 44	x	x	x	x	x	x	x	x
45	BO45	Monito 45	x	x	x	x	x	x	x	x
46	BO46	Monito 46	x	x	x	x	x	x	x	x
47	BO47	Monito 47	x	x	x	x	x	x	x	x
48	BO48	Monito 48	x	x	x	x	x	x	x	x
49	BO49	Monito 49	x	x	x	x	x	x	x	x
50	BO50	Monito 50	x	x	x	x	x	x	x	x
51	BO51	Monito 51	x	x	x	x	x	x	x	x
52	BO52	Monito 52	x	x	x	x	x	x	x	x
53	BO53	Monito 53	x	x	x	x	x	x	x	x
54	BO54	Monito 54	x	x	x	x	x	x	x	x
55	BO55	Monito 55	x	x	x	x	x	x	x	x
56	BO56	Monito 56	x	x	x	x	x	x	x	x
57	BO57	Monito 57	x	x	x	x	x	x	x	x
58	BO58	Monito 58	x	x	x	x	x	x	x	x
59	BO59	Monito 59	x	x	x	x	x	x	x	x
60	BO60	Monito 60	x	x	x	x	x	x	x	x
61	BO61	Monito 61	x	x	x	x	x	x	x	x
62	BO62	Monito 62	x	x	x	x	x	x	x	x
63	BO63	Monito 63	x	x	x	x	x	x	x	x
64	BO64	Monito 64	x	x	x	x	x	x	x	x
65	BO65	Monito 65	x	x	x	x	x	x	x	x
66	BO66	Monito 66	x	x	x	x	x	x	x	x
67	BO67	Monito 67	x	x	x	x	x	x	x	x
68	BO68	Monito 68	x	x	x	x	x	x	x	x
69	BO69	Monito 69	x	x	x	x	x	x	x	x
70	BO70	Monito 70	x	x	x	x	x	x	x	x
71	BO71	Monito 71	x	x	x	x	x	x	x	x
72	BO72	Monito 72	x	x	x	x	x	x	x	x
73	BO73	Monito 73	x	x	x	x	x	x	x	x
74	BO74	Monito 74	x	x	x	x	x	x	x	x
75	BO75	Monito 75	x	x	x	x	x	x	x	x
76	BO76	Monito 76	x	x	x	x	x	x	x	x
77	BO77	Monito 77	x	x	x	x	x	x	x	x
78	BO78	Monito 78	x	x	x	x	x	x	x	x
79	BO79	Monito 79	x	x	x	x	x	x	x	x
80	BO80	Monito 80	x	x	x	x	x	x	x	x
81	BO81	Monito 81	x	x	x	x	x	x	x	x
82	BO82	Monito 82	x	x	x	x	x	x	x	x
83	BO83	Monito 83	x	x	x	x	x	x	x	x
84	BO84	Monito 84	x	x	x	x	x	x	x	x
85	BO85	Monito 85	x	x	x	x	x	x	x	x
86	BO86	Monito 86	x	x	x	x	x	x	x	x
87	BO87	Monito 87	x	x	x	x	x	x	x	x
88	BO88	Monito 88	x	x	x	x	x	x	x	x
89	BO89	Monito 89	x	x	x	x	x	x	x	x
90	BO90	Monito 90	x	x	x	x	x	x	x	x
91	BO91	Monito 91	x	x	x	x	x	x	x	x
92	BO92	Monito 92	x	x	x	x	x	x	x	x
93	BO93	Monito 93	x	x	x	x	x	x	x	x
94	BO94	Monito 94	x	x	x	x	x	x	x	x
95	BO95	Monito 95	x	x	x	x	x	x	x	x
96	BO96	Monito 96	x	x	x	x	x	x	x	x
97	BO97	Monito 97	x	x	x	x	x	x	x	x
98	BO98	Monito 98	x	x	x	x	x	x	x	x
99	BO99	Monito 99	x	x	x	x	x	x	x	x
100	BO100	Monito 100	x	x	x	x	x	x	x	x
101	BO101	Monito 101	x	x	x	x	x	x	x	x
102	BO102	Monito 102	x	x	x	x	x	x	x	x
103	BO103	Monito 103	x	x	x	x	x	x	x	x
104	BO104	Monito 104	x	x	x	x	x	x	x	x
105	BO105	Monito 105	x	x	x	x	x	x	x	x
106	BO106	Monito 106	x	x	x	x	x	x	x	x
107	BO107	Monito 107	x	x	x	x	x	x	x	x
108	BO108	Monito 108	x	x	x	x	x	x	x	x
109	BO109	Monito 109	x	x	x	x	x	x	x	x
110	BO110	Monito 110	x	x	x	x	x	x	x	x
111	BO111	Monito 111	x	x	x	x	x	x	x	x
112	BO112	Monito 112	x	x	x	x	x	x	x	x
113	BO113	Monito 113	x	x	x	x	x	x	x	x
114	BO114	Monito 114	x	x	x	x	x	x	x	x

For maps has been produced jointly by investigators from the following institutes:

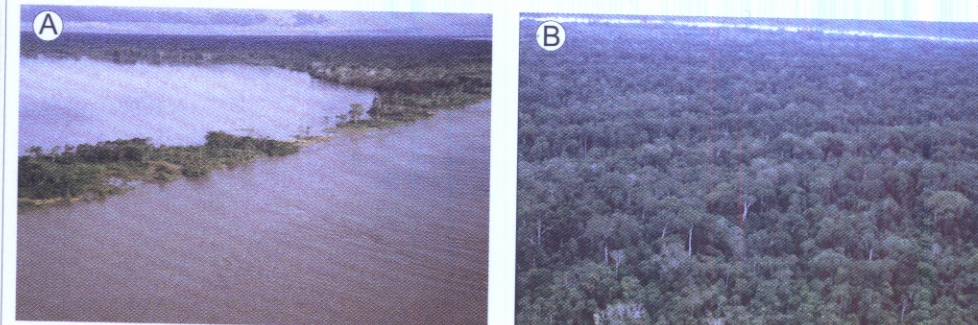
UNAP - Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (Iquitos, Peru),  
ISRIC - International Soil Reference and Information Center (Wageningen, Holland),  
INRENA - Instituto Nacional de Recursos Naturales (Lima, Peru),  
Forchheimer Institut (Wittenhausen, Alemania).

La elaboración del mapa se hizo por Santa Kalliola y Risto Kalliola en el Laboratorio de Cartografía Computarizada de la Universidad de Turku, Finlandia, en apoyo económico de Unión Europea.

El estudio se realizó en 1988 por Santtu Paavola, Helsinki.



### Dinámica ambiental Landscape dynamics



El área de estudio se caracteriza por la presencia de diferentes unidades geológicas, muchas de ellas originalmente formadas por procesos de deposición fluvial por ríos con cauces inestables. El mismo tipo de dinámica ambiental sigue afectando el paisaje actualmente, como lo exponemos en este ejemplo.

La imagen presenta cambios en el cauce del río Amazonas, entre los años 1993 y 1995, según información basada en el uso de imágenes de satélite. Los colores indican cambios tales como: el color negro representa el río, el color rojo indica erosión (tierra entre 1993 y 1995), y el azul indica deposición de arena y sedimentos. Se puede observar que la faja de Iquitos ha sufrido los mayores cambios durante el período de investigación y que el cauce principal del río Amazonas se ha trasladado más allá de las partes centrales de la ciudad de Iquitos. La figura (A) data de la fecha cuando la faja se cortó por el proceso de erosión (1 de Marzo de 1994, vista desde el norte hacia el sur). La figura (B) presenta una vista aérea de la zona, indicando vegetación sucesional en el complejo de orillales cerca de Iquitos.

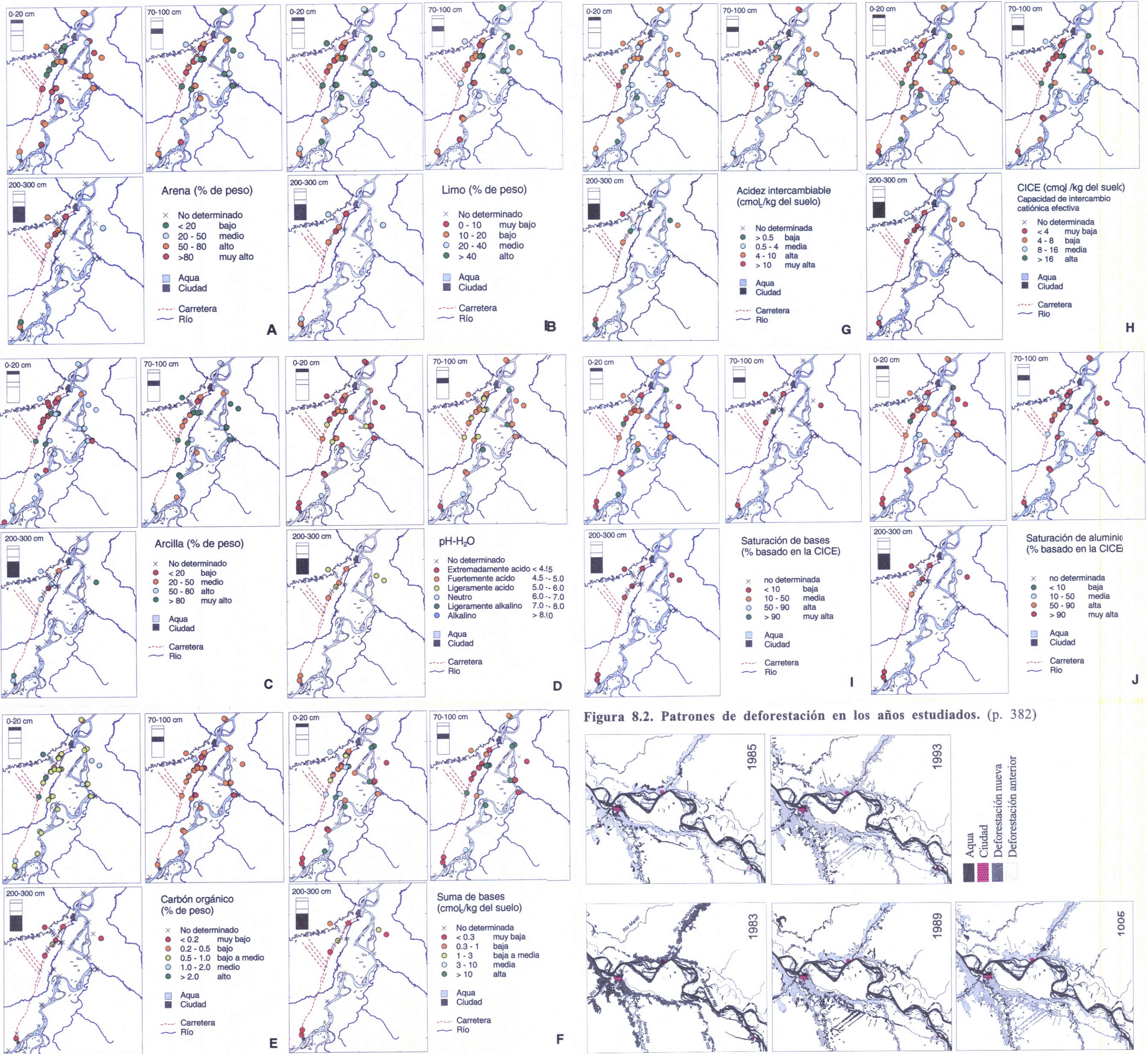
La dinámica fluvial es un proceso natural bastante fuerte y no poco que el hombre puede hacer para controlarla. Los suelos en la llanura de inundación del río Amazonas son fértiles pero la erosión de las riberas, deposición de sedimentos y fluctuaciones en el nivel del río presentan limitaciones para el uso de la tierra. Aquí, así como como en



Correcciones para el libro “Geoecología y desarrollo Amazónico”  
(Ann. Univ. Turkuensis Ser A II Tom. 114; 1998)

- p. 36: En la Tabla 3.1, la altitud de Tamshiyacu está marcada como 800 m s.n.m. ... debe decir c. 120 m s.n.m.
- p. 144: En la línea N°12 empezando de abajo: críticos y las escasas ... debe decir las escalas.
- p. 156: Dice material parental Unidad Buena Unión ... debería decir Unidad B ó Unidad canalizada de Porvenir.
- p. 166: Tabla 5.3, perfil de suelo en la columna 3 dice PE013 ... debería decir PE015.
- p. 179-183: Los mapas de valores analíticos del Apéndice 5.2 están presentados en esta hoja con mejorada calidad de impresión.
- p. 257: En la Figura 7.1, los números de los lugares de muestreo refieren a los números en el Mapa geoecológico.
- p. 277: La Tabla 7.8 compara los sectores de muestreo según el índice de Sørensen, no a base del porcentaje de especies compartidas. Consecuentemente, en la página 276 el rango de porcentajes de especies de árboles compartidas entre los sectores debe de decir de 2 a 25 % (no de 3 a 35). Los porcentajes de especies compartidas se presentan en la tabla en el lado derecho.
- p. 306/311-321: En el Apéndice 7.1, la hoja con las páginas 311 y 312 debe de venir después la página 306.
- p. 382: La Figura 8.2, está presentada aquí con mejorada calidad de impresión.
- p. 469: Se debe utilizar la expresión fragmento lítico en parte de fracción lítica (diversos frases).

Apéndice 5.2. Mapas de valores analíticos de suelos. (p. 179-183)



p. 476: En la Figura 12.10, el eje Y es la suma “S” como en la Tabla 12.2.  
p. 477: En la línea 42 dice: anatas (TiO<sub>2</sub>) ... debe decir anatasa.

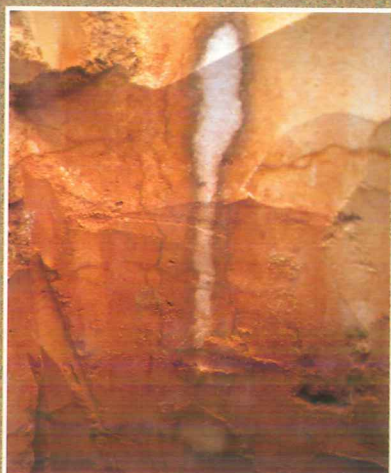
	Gen	Ex P	Mo 2	Ant	F arc	Ana	Nau	Mo 1	Man	Pang	Mish	F are	Mi 3	Mi 2
Tarapoto	20	17	10	13	9	7	7	7	6	6	6	3	4	2
Gengen		20	21	16	10	10	11	8	10	8	6	5	6	3
Ex Petroleros			18	19	13	12	11	8	8	7	7	6	5	2
Momón 2				16	12	13	11	15	10	8	12	6	8	6
San Antonio 1					13	15	14	12	12	10	12	9	5	4
13 de Febr. Arcilla						9	10	10	8	7	10	10	6	3
Sta Ana							14	11	15	11	11	8	6	6
Nauta								14	14	15	18	12	10	8
Momón 1									14	13	17	11	9	6
Maniti										16	19	10	12	7
Panguana 1											19	11	8	6
Mishana												15	15	12
13 de Febr. Arena													11	8
Mishana 3														25

Figura 8.2. Patrones de deforestación en los años estudiados. (p. 382)



# GEOECOLOGÍA Y DESARROLLO AMAZÓNICO

Estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú



Punto de admiración  
naturalmente formada  
en arena blanca fuerte-  
mente lixiviada en  
Peñanegra.

Este libro presenta una síntesis sobre el conocimiento científico actual, de la historia natural y algunas etapas de desarrollo en la zona de Iquitos en el noreste del Perú. Esta zona está caracterizada por selvas tropicales de una alta biodiversidad, y allí se concentra la mayor población del ámbito amazónico peruano, por lo cual la presión de colonización en los bosques circundantes es bastante fuerte. Como tal, la zona de Iquitos es como un modelo a pequeña escala de la temática que caracteriza en general el desarrollo en todo el llano Amazónico.

El tema dominante en el libro es recalcar que la región estudiada está caracterizada por una riqueza de diferentes tipos de paisaje, y que la distribución, dinámica y potencialidad de su uso, pueden ser únicamente bien entendidos mediante la comprensión de los factores ambientales que han influenciado en su desarrollo. Según nuestra percepción, con una profundización del conocimiento científico de su ambiente, el ámbito estudiado presenta buenas opciones de sostenibilidad para un desarrollo armonizado con la naturaleza.

Los autores de los capítulos en el presente libro representan diferentes disciplinas académicas desde geología, pedología, meteorología, geografía y biología hasta agronomía e ingeniería forestal. Por lo tanto, el libro se constituye en una fuente de información de carácter multidisciplinario, y además, es aportador de un enfoque experimental metodológico en la búsqueda de nuevas soluciones para realizar una evaluación y cartografía ambiental dentro del llano Amazónico. Además se incluyen las conclusiones y recomendaciones más importantes basándose en este estudio.