

IOTB 27

RESULTADOS PRELIMINARES DE  
UN ESTUDIO A LA COBERTURA  
DE LA TIERRA DE UNA PARTE  
DE LA ZONA ATLANTICA DE  
COSTA RICA

Sytze de Bruin

1989

Bodemkunde en Geologie

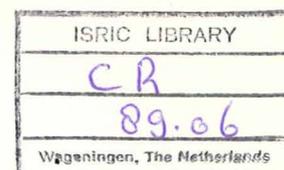


Landbouwniversiteit

Wageningen

ISRIC LIBRARY

CR 1989.06



## PREFACIO

El presente informe contiene los resultados de un estudio de tres meses a la cobertura de la tierra de una parte de la Zona Atlántica de Costa Rica en base de análisis de datos del Mapeador Temático (LANDSAT TM). Los resultados presentados son preliminares, ya que el estudio no se había terminado cuando se preparó el informe.

El estudio se realizó dentro el Programa Zona Atlántica (CATIE-UAW-MAG) que es el resultado de un convenio de cooperación técnica entre el CATIE, la Universidad Agrícola Wageningen (UAW) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica. El programa, cuya ejecución se inició en abril de 1986, tiene, como objetivo a largo plazo la investigación multidisciplinaria dirigida a un uso racional de los recursos naturales, con énfasis en el productor pequeño de la Zona atlántica de Costa Rica.

El estudio fue supervisado por el Dr. M.A. Mulders del departamento de Suelos de la Univesidad Agrícola Wageningen.

Sytze de Bruin.

Scanned from original by ISRIC - World Soil Information, as ICSU World Data Centre for Soils. The purpose is to make a safe depository for endangered documents and to make the accrued information available for consultation, following Fair Use Guidelines. Every effort is taken to respect Copyright of the materials within the archives where the identification of the Copyright holder is clear and, where feasible, to contact the originators. For questions please contact [soil.isric@wur.nl](mailto:soil.isric@wur.nl) indicating the item reference number concerned.

154 = 16894

## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Michel A. Mulders por su ayuda en las primeras semanas del trabajo en el campo.

Especialmente a Jeroen Huising, quien con su gran ayuda durante el trabajo en el campo y durante la elaboración de los datos por computadora hizo posible la realización del presente trabajo.

Al CATIE, Turrialba, Costa Rica, por poner el sistema ERDAS a nuestra disposición.

## CONTENIDO

Pag.

PREFACIO  
AGRADECIMIENTO  
CONTENIDO

1	INTRODUCCION.....	1
2	MATERIAL Y AREA DEL ESTUDIO.....	2
	2.1 El Mapeador Temático (TM).....	2
	2.2 La base para la ubicación.....	2
	2.3 El área del estudio.....	3
	2.4 El material usado para la clasificación.....	3
3	METODO.....	4
	3.1 El trabajo de campo preliminar.....	4
	3.2 La clasificación preliminar.....	4
	3.3 La comprobación de la clasificación preliminar en el campo y un trabajo del campo adicional..	5
	3.4 La segunda clasificación .....	5
	3.5 La ordenación de los datos.....	7
4	RESULTADOS Y DISCUSION.....	8
	4.1 Unos problemas encontrados durante el trabajo del campo.....	8
	4.2 Un ejemplo de la compilación de una clase para la clasificación.....	9
	4.3 La clasificación preliminar.....	9
	4.4 El formulario de observación, la base de datos y los tipos del uso de la tierra.....	10
	4.5 La segunda clasificación.....	11
5	CONCLUSIONES.....	13
6	REFERENCIAS.....	14
	RESUMEN.....	15
	ANEXO 1 Método de la probabilidad máxima	
	ANEXO 2 Lista de los tipos de la cobertura de la tierra de la Zona Atlántica de Costa Rica	
	ANEXO 3 Datos de unos polígonos	
	ANEXO 4 Formulario de observación	
	ANEXO 5 Vocabulario Español - Inglés	

## 1 INTRODUCCION

Este estudio forma parte de un estudio al uso y a la cobertura de la tierra de la Zona Atlántica de Costa Rica. El objetivo final de eso es un mapa de toda la zona, hecho por medio de una clasificación de datos de senso remoto del LANDSAT TM (Mapeador Temático). Es una contribución a un estudio general de la geografía del área mencionado, en el cual se reúnen estudios en cuanto a los suelos, la fisiografía y la vegetación etc. y todos las relaciones entre estos campos de investigación.

El presente trabajo contiene resultados de un estudio de datos de senso remoto de febrero de 1986 de una parte de la Zona Atlántica, alrededor de Guápiles, Provincia de Limón y es la continuación de dos estudios anteriores.

La combinación de las tres bandas (canales) del Landsat TM más apto para hacer las imágenes necesarias para el trabajo en el campo fue, investigada por BOKKESTEIN, PENGEL y SLIJKHUIS (1987). Las imágenes del área estudiada fueron hechas por SCHUILING (1987).

Las diferentes actividades ejecutadas para la clasificación final de este estudio fueron las siguientes:

- Un trabajo de campo preliminar
- Una clasificación preliminar
- La comprobación de la clasificación preliminar en el campo y un trabajo de campo adicional.
- La clasificación final.

En el presente folleto se entiende como la cobertura de la tierra una identificación del cultivo o de la vegetación cubriendo la tierra. Como el uso de la tierra se entiende: la cobertura de la tierra, más información sobre el tipo de la parcelación del terreno y el nivel de manejo aplicado etc.

El presente estudio a la cobertura de la tierra es una preparación para una cartografía del uso de la tierra, que se puede realizar más adelante.

El trabajo de campo del presente estudio se realizó en los meses enero a abril del año 1988.

## 2 MATERIAL Y AREA DEL ESTUDIO

### 2.1 El Mapeador Temático (TM)

Dos satélites LANDSAT están equipados con el Mapeador Temático que es un sistema de sensores remotos. El TM es un sensor de recorrido óptico mecánico que almacena energía reflejada y emitida en las regiones visibles, infrarroja cercana y termal infrarroja del espectro electromagnético. El ancho original de las 7 bandas TM fue seleccionado con base a su utilidad para los inventarios de vegetación y estudios generales geológicos.

Se han usado los datos de las bandas siguientes:

1	0.45-0.52 micrómetros	(azul),
2	0.52-0.60 micrómetros	(verde),
3	0.63-0.69 micrómetros	(rojo),
4	0.76-0.90 micrómetros	(infrarroja cercana),
5	1.55-1.75 micrómetros	(infrarroja cercana) y
7	2.08-2.35 micrómetros	(infrarroja cercana).

El Landsat TM adquiere los datos de las 6 bandas usadas en este estudio, de una proyección de una superficie de 30 x 30 mts. del campo. Así un "pixel" en una cinta de datos grabados del satélite contiene la firma espectral de una superficie en el campo de este mismo tamaño.

La firma espectral es una curva que es una composición de los números digitales de las bandas espectrales. El número digital es una medida para la energía interceptada por el sensor en esta banda. (LILLESAND & KIEFER, 1987)

La banda 6 del LANDSAT TM funciona en la termal infrarroja y mide la cantidad de energía infrarroja radiante emitada de las superficies. En este estudio no se ha usado la información de esta banda.

### 2.2 La base para la ubicación

Como base para ubicar y para seleccionar los sitios de observación, se usaron unas imágenes de la combinación de las bandas 7, 4 y 2 del LANDSAT TM. La combinación de estas tres bandas muestra la mayor distinción entre los tipos de la cobertura de la tierra en el área de este estudio y fue seleccionada usando la información de una visita al área de estudio en 1986. (MULDERS, 1986, BOKKESTEIN et al, 1987).

Entre una gran capacidad distintiva de los diferentes tipos de la cobertura, también dentro un tipo de uso se notan diferencias evidentes observando el matiz de los colores en la proyección de una parcela.

Además, unas imágenes de la combinación de los tres primeros componentes principales de la información de las seis bandas del LANDSAT TM fueron disponibles. Resultó que la capacidad distintiva de estas imagenes es igual a la de las imagenes mencionadas anteriormente. Sin embargo, ya que usando esta representación estadística, es difícil entender la firma espectral de los "pixels" no se han usado estas imágenes en el campo.

### 2.3 El área del estudio

El área del estudio se ubica alrededor de Guápiles en la Zona Atlántica de Costa Rica (ver figura 1) y mide unas 135,000 hectáreas.

Recientemente se ha quitado casi toda el área del bosque húmedo tropical, que es la vegetación original de la zona. Hoy día se usa la tierra mayormente para ganadería, para plantaciones de banano y para cultivos anuales como maíz.

En el área de estudio se encuentran partes deforestadas muy recientemente y partes deforestadas anteriormente. Así se encuentran partes que ya tienen una historia del uso agronómico y otras partes donde el uso agronómico está comenzando. También se encuentran diferentes tipos de parcelación. Dos extremos son las fincas bananeras que contienen parcelas de unas 150 hectáreas o más de banano y el asentamiento "El Neguev" que contiene parcelas de unas 13 hectáreas en parte divididas en lotes de hasta 0.5 hectáreas, cada uno con su uso típico.

Por su diversidad, se ha seleccionado el área alrededor de Guápiles para mostrar el uso de la tierra de toda la Zona Atlántica de Costa Rica. Un estudio adicional es necesario para los diferentes tipos de bosque que se encuentran en la misma zona. Combinando la información de estos dos estudios mencionados sería posible confeccionar un mapa del uso y de la cobertura de la tierra de la Zona Atlántica de Costa Rica.

### 2.4 El material usado para la clasificación

Los datos de senso remoto usados para el presente estudio se obtuvieron por LANDSAT TM, en fecha febrero 6 de 1986.

Se realizaron las clasificaciones en el CATIE, Turrialba, Costa Rica, con el sistema ERDAS.

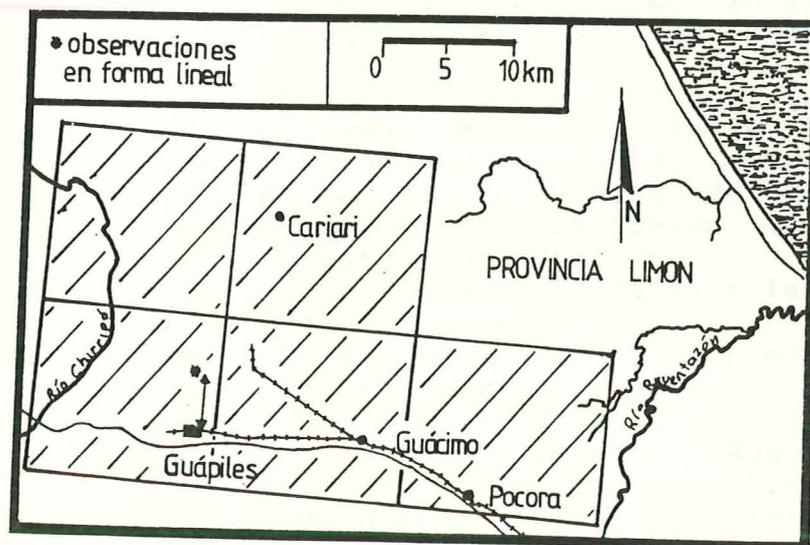


Figura 1. El área investigada

### 3 METODO

#### 3.1 El trabajo de campo preliminar

El primer trabajo de campo consistió en la visita de unos 100 sitios de observación, con la intención de describir todos los tipos de uso en la zona de la investigación.

La selección de los lugares de mayor importancia, se basó en las diferencias observadas en las imágenes de las bandas 7, 4 y 2 del LANDSAT y en el conocimiento global del área de estudio que tenía el autor del presente ensayo después de estar más de un año en Guápiles y sus alrededores.

Para mostrar el uso de la tierra en el área de estudio, se escogieron los siguientes sitios:

- Unas fincas bananeras al Norte de Guápiles
- Una Finca Ganadera grande cerca de Pocora
- Unas fincas ganaderas pequeñas
- Los asentamientos "El Neguev" y "El Indio"
- Unos Precarios pequeños
- Plantaciones de árboles cerca de Guácimo
- Unas fincas fruteras
- Plantaciones de palmito
- Plantaciones de pejibaye
- Unas fincas con ornamentales
- Una plantación de bambu
- Unas parcelas con cultivos anuales cerca de Guápiles y Río Jiménez
- El cauce del Río Chirripó.

#### 3.2 La clasificación preliminar

Una clasificación es la división de todos los "pixels" del área del estudio, en clases espectrales según un método estadístico. Para poder hacer una clasificación controlada, es decir, una que clasifica cada "pixel" del área del estudio en una clase espectral controlada por el investigador, es necesario especificar las clases. Una parte de la especificación de las clases es la designación de un set de "pixels" conocidos.

Usando ERDAS software, este trabajo consiste en la designación de polígonos en una pantalla. Cada polígono se localiza en un sitio de observación del campo. No fue usada la información de campo que carecía de seguridad sobre la ubicación o sobre el uso de la tierra en la época de la adquisición de los datos por satélite.

La segunda parte de la especificación es la creación de las clases espectrales usando los polígonos hechos anteriormente. Para hacerlas se puede agrupar unos polígonos. Eso es necesario porque se puede clasificar solamente con un número limitado de clases y para limitar el tiempo ocupado por la clasificación. Además es necesario para tener suficiente variación espectral dentro de las clases definidas, ya que cada clase debe tener la variación espectral de la cobertura de la tierra que está representando.

Sin embargo, para obtener una gran capacidad distintiva entre las clases, o sea para evitar que se traslapen varias

clases, es necesario considerar la firma espectral en la decisión de combinar unos polígonos. Si tanto las características observadas en el campo, como la firma espectral de diferentes polígonos son parecidos, se agrupan estos polígonos.

La igualdad en la firma espectral se ha probado observando unos datos estadísticos de los polígonos, es decir, el promedio, el máximo, el mínimo y la desviación estandar de los números digitales por banda.

La igualdad en las características del campo resulta de la igualdad en la clase de uso de la tierra. Las clases fueron definidas de una manera descrita en el párrafo 3.5. Si un polígono tiene características del campo y una firma espectral, que no coinciden con ningún otro, éste mismo forma una clase. Así existen clases de un solo polígono y clases de una combinación de diferentes polígonos.

Para la clasificación se ha usado el clasificador de la probabilidad máxima (maximum likelyhood clasifier)(ver anexo 1). Para la clasificación preliminar se ha escogido un umbral crítico de 10%, para la probabilidad necesaria para entrar en las clases especificadas. O sea, se clasifica un "pixel" como perteneciente a una clase, cuando la probabilidad de pertenecer a esta clase es más grande que la probabilidad de pertenecer a una de las demás clases y cuando esta probabilidad traspasa el umbral crítico. Los "pixels" no clasificados entran en una clase de rechazamiento.

### 3.3 La comprobación de la clasificación preliminar en el campo y un trabajo de campo adicional

Para mejorar la clasificación preliminar hay dos posibilidades. La primera es la definición de unas clases nuevas, en las cuales entrará una parte de los "pixels" antes no clasificados. La segunda posibilidad es el agrandamiento de la variancia permitada en las clases definidas anteriormente. Se puede alcanzar eso por la combinación de más polígonos en una clase o por la designación de polígonos más grandes en lugar de los ya existentes. Así, más "pixels" entran en cada clase.

El trabajo adicional de campo, necesario para los dos, fue combinado con la comprobación de la clasificación preliminar. Una parte del trabajo fue realizado en visitas a las áreas cuestionables. La otra parte consistió de observaciones hechas en una línea entre La Rita y Guápiles (ver figura 1). Se hicieron observaciones cada 100 mts., describiendo la vegetación y el uso de la tierra. Así fue posible ubicar los sitios de observación exactamente en una base topográfica y en las imágenes de los datos del LANDSAT TM. Por otra parte hacer las observaciones en distancias regulares en una línea, es útil porque así la ubicación del sitio no se influye por ningún prejuicio.

### 3.4 La segunda clasificación

El trabajo para la clasificación final de este estudio consistió en la designación de las clases nuevas y unas adaptaciones en las clases ya definidas. Se analizaron los errores del primer orden (indicando el porcentaje de los "pixels" de la clase espectral  $\Omega_1$  no clasificado como perteneciente a esta clase) y los errores del segundo orden (indicando el porcentaje de los elementos de las clases espectrales clasificado erróneo como perteneciente a la clase  $\Omega_1$ ) de la clasificación preliminar. Así se podría justificar y adaptar las combinaciones de los polígonos, o sea las clases espectrales. Los errores mencionados se calculan de los datos del "C-MATRIX" de ERDAS.

Nuevamente se hicieron las calculaciones estadísticas para la clasificación según el método de la probabilidad máxima por la computadora.

Para obtener el mismo nivel de detalle, con respecto a la escala de todas las unidades cartográficas y para combinar las diferentes clases espectrales de un solo tipo de cobertura de la tierra, se combinaron varias unidades mediante la atribución del mismo color a cada una. Así no se pierde la capacidad distintiva durante la clasificación y se aumenta la variación espectral de la unidad cartográfica.

La figura 2 muestra una situación sencilla, con solamente una banda y dos clases espectrales de un tipo de cobertura y una clase de otro tipo de cobertura de la tierra. La combinación de las clases  $\Omega_1$  y  $\Omega_3$  en una clase espectral implica que se pierde el discernimiento entre tipo 1 y tipo 2 en la clasificación. Mediante la atribución del mismo color a las unidades clasificadas como pertenecientes a  $\Omega_1$  y  $\Omega_3$ , después de la clasificación se alcanza el resultado deseado.

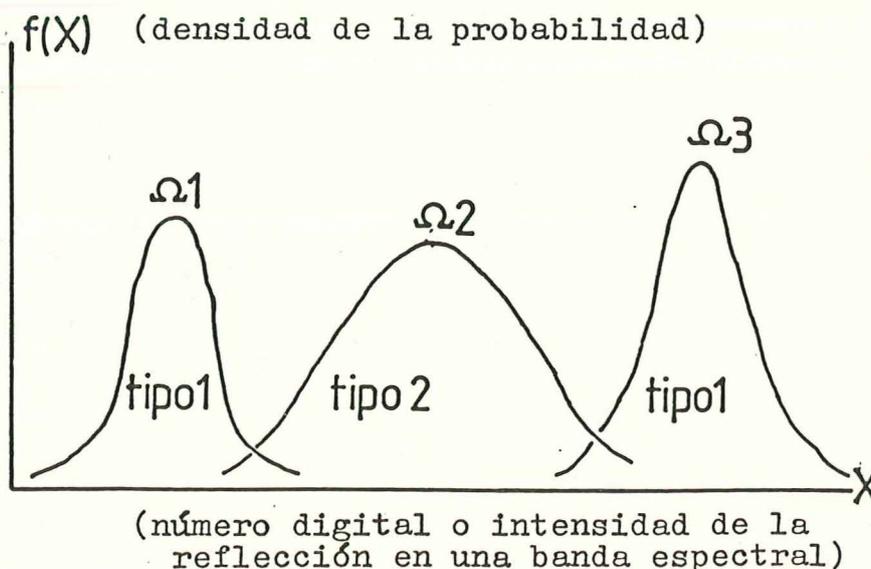


Figura 2. El peligro de la combinación de unas clases espectrales

### 3.5 La ordenación de los datos

Con la intención de describir el uso y la cobertura de la tierra, en una manera uniforme, en todos los sitios, se usaron formularios de observación. La utilidad de un formulario ya hecho en Holanda fue probada. Por la falta de campo para una descripción del tipo de parcelación y para hacer unos dibujos, se hizo un formulario más extenso.

Una parte de la descripción consiste en una clasificación de la observación en un tipo de cobertura de la tierra. La leyenda de una cartografía del uso de la tierra en la vertiente sur de la cuenca del río Tuis (NUÑEZ, 1985.), fue un ejemplo para la creación de los tipos. Se crearon después de hacer la mayoría de las observaciones de campo. La pretensión más importante con la cual los tipos deben cumplir, es una gran capacidad distintiva entre las diferencias que se encuentran en las imágenes del LANDSAT TM. Por eso, características de la cobertura de la tierra que influyen mucho la firma espectral de la superficie deben ser incluidas en la definición de las clases. Es evidente que la densidad de la siembra y la presencia o la ausencia de sombra, por ejemplo, son de mucha importancia. En el párrafo 4.2 se encuentra una descripción de la creación de las clases.

Se cree que el almacén de los datos de campo en una base de datos en computadora, es muy importante, también porque la implantación de un Sistema de Información Geográfica se está investigando en el Programa CATIE/MAG/UAW. La clasificación en tipos de la cobertura y del uso de la tierra en clases bien definidas puede sistematizar y facilitar mucho la entrada de los datos esenciales.

#### 4 RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1 Unos problemas encontrados durante el trabajo del campo

El problema más importante encontrado durante el trabajo de campo, es la gran diversidad de los tipos de la cobertura de la tierra en distancia pequeña. Varios cultivos anuales como frijoles y raíces y tuberculos se siembran en áreas pequeñas, sobre todo en los asentamientos ocupados por precaristas. También dentro de una área ocupada por pasto, se encontraron diferencias, como partes con molestia de malas hierbas o unos árboles aislados en el terreno.

Debido a esta gran variación, es muy difícil describir la cobertura de una área identificable en las imágenes de los datos del satélite. Cada área consiste de unas súbareas, cada uno con su tipo de cobertura y consecuentemente su firma espectral propia. Cada "pixel" de los datos de senso remoto ubicado en estas áreas es una mezcla de las firmas espectrales.

En parte se puede solucionar este problema, mediante la introducción de unas clases espectrales representando tipos de cobertura típicos bien definidos, que en realidad consisten de varios tipos de cobertura. El problema de este método es que existen muchas combinaciones que en realidad no tienen ninguna importancia en la clasificación final, ya que no representan un tipo de cobertura bien definido.

En muchos casos probablemente sería mejor suavizar la graduación de la clasificación final de alguna manera, para evitar "pixels" no clasificados. Un ejemplo de eso es la adjudicación automática de los "pixels" de la clase de rechazamiento a la clase de cobertura de la tierra ubicada más cerca.

Otros problemas encontrados durante el trabajo de campo, consistieron de diferencias entre la situación en el campo y su influencia pensada en la firma espectral, y los colores en las imágenes usadas en el campo.

Por ejemplo, en la imagen de la combinación de los bandas 7, 4 y 2 se nota una diferencia entre las fincas bananeras "El Prado" y "Guájira". En el campo, observando la densidad de las plantas, la altitud y otras características morfológicas y el porcentaje

de las malas hierbas, no se nota ninguna diferencia entre las dos fincas.

También, en las imágenes se notan diferencias claras entre los pastos de las fincas ganaderas. En el campo se notan diferencias también, pero situaciones similares en el campo pueden tener firmas espectrales diferentes.

Hay dos causas eventuales para las diferencias entre la situación, como se le observa en el campo y la firma espectral. Una posibilidad es que el LANDSAT TM ha obtenido datos de una vegetación que se encontró en otro estado, diferente al estado durante el trabajo de campo (por ejemplo un estado de mala aeración o un estado seco, después de un tiempo con poca lluvia). La otra posibilidad es que haya cambiado la cobertura de la tierra o las características de la vegetación, durante los dos años, entre la fecha de la adquisición de los datos por satélite y la elaboración de estos datos.

#### 4.2 Un ejemplo de la compilación de una clase para la clasificación preliminar

En el anexo 3 se encuentran los datos estadísticos de unos polígonos. Por ejemplo, la combinación de los polígonos "GRASS3" y "GRASS47" en "PASTIZ3" era posible por la igualdad en la firma espectral y la igualdad en las características del campo. No se puede incluir "GRASS43" en esta combinación por la gran diferencia en la firma espectral, especialmente en la banda 4. La figura 3 muestra este ejemplo gráficamente.

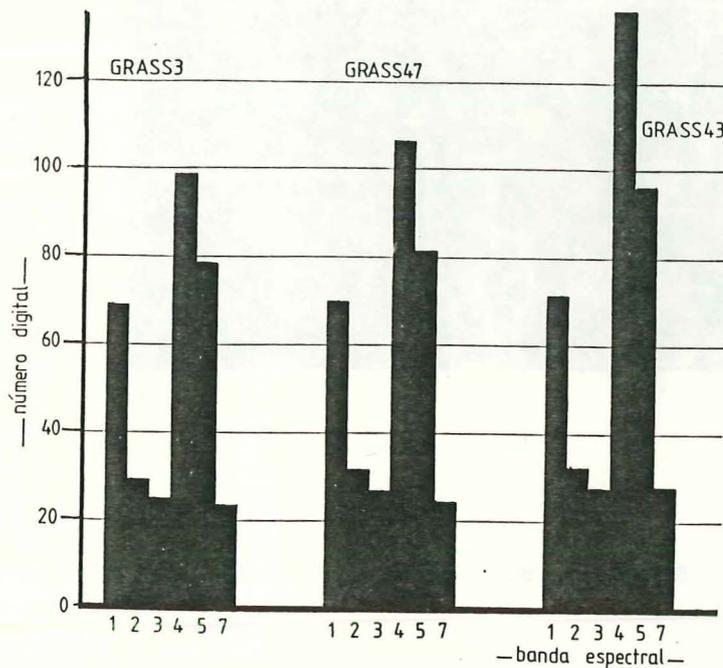


figura 3. Firmas espectrales de tres polígonos. Los números digitales son los promedios de los números de cada "pixel" del polígono.

#### 4.3 La clasificación preliminar

En la figura 4 se encuentra una parte del área, clasificada según el método de la probabilidad máxima con un umbral crítico de 10%. Todos los "pixels" negros son elementos de la clase de rechazamiento. Sabiendo que el porcentaje de "pixels" negros en la figura 4 es representativo para toda el área del estudio, se nota que de un gran porcentaje del área falta información necesaria para una clasificación útil. Resultó que en este estadio del estudio todavía había mucho trabajo que hacer.



figura 4. Una parte del área clasificada. (Escala aproximadamente 1:36000)

En la clasificación preliminar se encontró una área no clasificada, que es una parte de la finca "Finca Mola". La sensibilidad de la clasificación está demostrada, porque en esta parte se siembra plátano, que es un cultivo que muestra una semejanza con el banano. Ya que situaciones semejantes ocurrieron también en otras ocasiones, fue necesario introducir clases adicionales para plátano, para la vegetación secundaria arbustiva muy densa, para la vegetación secundaria selvosa y para áreas selvosas pequeñas como se las encuentran cerca de los ríos y dentro de las áreas cultivadas.

#### 4.4 El formulario de observación, la base de datos y los tipos del uso de la tierra

Con la información obtenida durante el trabajo de campo, se hizo un formulario para registrar la cobertura y el uso de la tierra. En el anexo 4 se encuentra el formulario que ha mostrado el poder servir para escribir el uso de la tierra en una manera uniforme y suficientemente detallado en los sitios de la investigación.

Los dibujos en el formulario de campo son indispensables para ubicarse y para explicar la situación en el campo. Eso implica que no es posible almacenar todos los datos en una base de datos en computadora. Lo que sí es posible es resumir una serie de datos importantes en computadora y tener los demás datos en un sistema con los formularios de campo.

La información grabada en la computadora en este estudio, consiste de un número que corresponde con un formulario, las coordenadas y un código para el tipo de la cobertura de la tierra, para cada observación en el campo.

Se definieron los tipos después de hacer la mayoría de las observaciones en el campo. En el anexo 2 se encuentra una lista de los códigos de los tipos de la zona del estudio, como se crearon los investigadores del presente estudio. Como explicado anteriormente se han encontrado muchos problemas con la descripción de la cobertura de gran parte de la zona de estudio. Para sí poder identificar áreas difíciles con un código existen unos tipos especiales. Unos ejemplos son:

- 2.2.01 cultivos anuales y semi permanentes mixtos
- 2.4.01 casa y tierras adyacentes

Las diferencias en el estado del cultivo, al tiempo de la adquisición de los datos por satélite, pueden causar las diferencias como se las encuentran dentro, por ejemplo, del cultivo de banano en las imágenes. Ya que el estado del cultivo es una característica muy temporal, no existen tipos de la cobertura específicos para diferentes estados del mismo cultivo. Así existen diferencias entre por ejemplo una plantación de cítricos recientemente sembrada y una plantación ya en producción.

La presencia de muchas malas hierbas influye mucho la firma espectral, como se nota en unas plantaciones de palmito. Ya que en el campo también cuesta mucho diferenciar una plantación llena de malas hierbas de un terreno ocupado por vegetación secundaria, no se han definido tipos del uso para cultivos con mucha molestia de malas hierbas.

Existen ocho tipos de pastos dentro de los pastizales. En gran parte se pueden explicar las diferencias en firma espectral de los diferentes pastizales por la presencia de sombra causada por árboles o arbustivos. También la presencia de macollas de especies de hierbas altas causa sitios de sombra en la superficie.

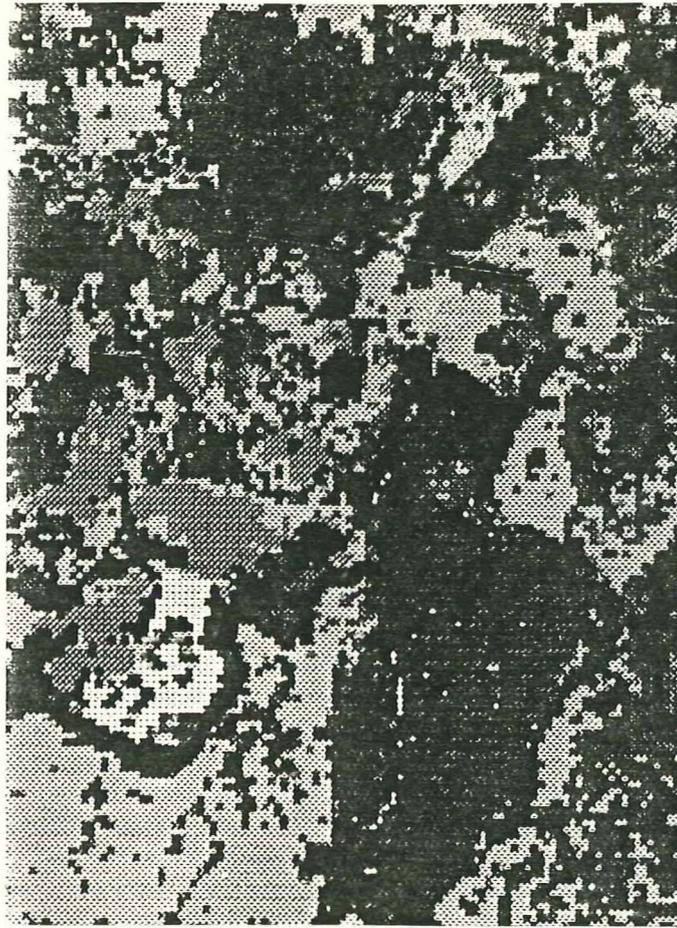
Por otra parte, una gran área foliar, que es una medida para la productividad del pasto, influye la firma espectral.

#### 4.5 La segunda clasificación

Ya que cuando se terminó este informe faltaba la información necesaria para una clasificación útil del área boscosa en la Zona Atlántica de Costa Rica, la segunda clasificación no es la clasificación final de la cobertura de la tierra del área estudiada. Para una clasificación útil del uso de la tierra todavía falta información sobre la parcelación.

También se nota que la clasificación es una de los datos de senso remoto de febrero de 1986 y que existe una diferencia de dos años entre la fecha de la adquisición de los datos de senso remoto y el trabajo del campo. Por eso el informe no puede incluir un mapa definitivo, sino una figura que muestra el resultado de la segunda clasificación de una área alrededor de Guápiles.

Para no tener tanta diferencia en la escala, entre los diferentes unidades de la leyenda, se combinaron todas las clases de pastos, así como las clases de banano, los cultivos anuales, etc., mediante la atribución del mismo color a todas las clases en todos los casos. Así se ha creado una leyenda simplificada que en el fondo es un resumen de la lista del anexo 2. La figura 5 muestra unos resultados de la segunda clasificación.



Hacienda Bremen - Distrito Pocora, Canton de Guácimo

Escala: aproximadamente 1:36000

LEYENDA

	PASTO
	BANANO
	CULTIVOS ANUALES
	BAMBU
	ORNAMENTALES
	PLATANO
	COCOS
	PALMITO
	PEJIBAYE
	BOSQUE
	VEGETACION SECUNDARIO ARBUSTIVO
	GRUPO AISLADO DE ARBOLES
	POBLACION

Figura 5. Una parte del área clasificada

## 5 CONCLUSIONES

Los datos del LANDSAT TM prueban ser suficientemente sensibles para hacer una clasificación bien detallada del uso de la tierra de la Zona Atlántica de Costa Rica.

- Se observan diferencias muy claras en los imágenes que se hicieron de la combinación de las bandas 7, 4 y 2.
- Las partes no clasificadas en la clasificación preliminar indican que las clases definidas son muy estrechas. La estrechez de las clases se muestra también en los datos estadísticos de los polígonos como se encuentran en el anexo 3.

Mediante la adición de más clases, una clasificación muy detallada será posible, usando información adicional sobre el uso de la tierra de febrero de 1986 o usando datos recientes obtenidos por LANDSAT TM. La información ya obtenida durante el trabajo de campo de este estudio puede ser de mucha utilidad. En realidad es muy difícil obtener información exacta acerca del uso de la tierra en el pasado. Eso impide usar el primer método mencionado para todo el área investigada.

En gran parte del área investigada, la variación espacial se manifiesta en distancia corta, dificultando fuertemente la descripción de la cobertura en el campo y causando muchos "pixels" mezclados.

Se necesita información adicional para una clasificación útil del área boscosa de la Zona Atlántica. Por la gran velocidad de la deforestación de la zona, es necesaria la disposición de datos recientes de senso remoto. Un problema muy importante es la dificultad de adquisición de datos de senso remoto útiles. Por la abundancia de nubes en un país como Costa Rica, en una zona húmeda tropical, la atmósfera interfiere mucho la reflexión de la superficie de la tierra y así influye mucho la calidad y la utilidad de los productos.

## 6 REFERENCIAS

BOKKESTEIN, A. et al., Een bewerking van Thematic Mapper gegevens van een gebied in Costa Rica. Departamento de suelos, Universidad Agrícola, Wageningen, Holanda. 1987.

BUITEN, H.J., Teledetectie, deel 2 (remote sensing, informatie verwerking), collegedictaat. Departamento de geodesia, Universidad Agrícola, Wageningen, Holanda. 1983.

LILLESAND, T.M. and R.W. KIEFER, Remote sensing and image interpretation (second edition). John Wiley & Sons, New York. 1987.

MULDERS, M.A., Apuntas de una visita a la Zona Atlántica de Costa Rica. inédito. 1986.

NUÑEZ, J., Uso de la tierra en la vertiente sur de la cuenca del río Tuis., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1985.

SCHUILING, B.P., Thematic Mapper data processing of the Guápiles, Río Jiménez and Cocori Regions in Costa Rica. Departamento de Suelos, Universidad Agrícola, Wageningen, Holanda. 1987

## RESUMEN

Se hicieron observaciones en el campo, en una área alrededor de Guápiles, Provincia de Limón, y se clasificaron los datos de senso remoto con la fecha de febrero 6 de 1986, del LANDSAT TM con la intención de contribuir a una cartografía del uso y de la cobertura de la tierra de la Zona Atlántica de Costa Rica.

Los resultados del presente estudio son:

- Una lista de los tipos de la cobertura de la tierra del área investigada
- Un formulario para la descripción de la cobertura y el uso de la tierra en la Zona Atlántica de Costa Rica
- Una colección de observaciones del campo
- Una clasificación del uso de la tierra de un área alrededor de Guápiles con una leyenda simplificada. Esta clasificación es una clasificación preliminar que puede servir para la cartografía del uso y de la cobertura de la tierra del área mencionada.

Para una cartografía útil del uso y de la cobertura de la tierra de la Zona Atlántica de Costa Rica, mediante una clasificación de datos de senso remoto, la disponibilidad de datos recientes se ha mostrado que es indispensable.

Habían muchos problemas con la alta variabilidad de la cobertura de la tierra en distancia corta.

## ANEXO 1

### METODO DE LA PROBABILIDAD MAXIMA

Usando N bandas de espectro, cada pixel se presenta por un vector de observación como el siguiente:

$$\underline{X} = \begin{bmatrix} X(1) \\ X(2) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ X(N) \end{bmatrix}$$

De cada clase (i) se calcula el valor medio  $\underline{M}(i)$  y la matriz de la covariancia  $C(i)$  (las desviaciones estandar y las correlaciones) de los datos de los sitios investigados. Se puede incorporar cada vector de observación  $\underline{X}$  en una clase  $\Omega(i)$  en base de cálculos de la probabilidad según una distribución normal en N dimensiones. Para aclarar eso se puede figurar una situación sencilla en la cual existen solamente una banda espectral y dos clases. Así el vector de observación consiste de un solo número.

Quando  $\underline{X}$  pertenece a la clase  $\Omega(1)$ , la probabilidad condicional es la siguiente:

$$P(\underline{X}|\Omega(1)) = a \cdot h$$

en la cual h es un intervalo pequeño a ambos lados de X:

Sin embargo cuando X pertenece a la clase  $\Omega(2)$ , la probabilidad condicional sería:

$$P(\underline{X}|\Omega(2)) = b \cdot h$$

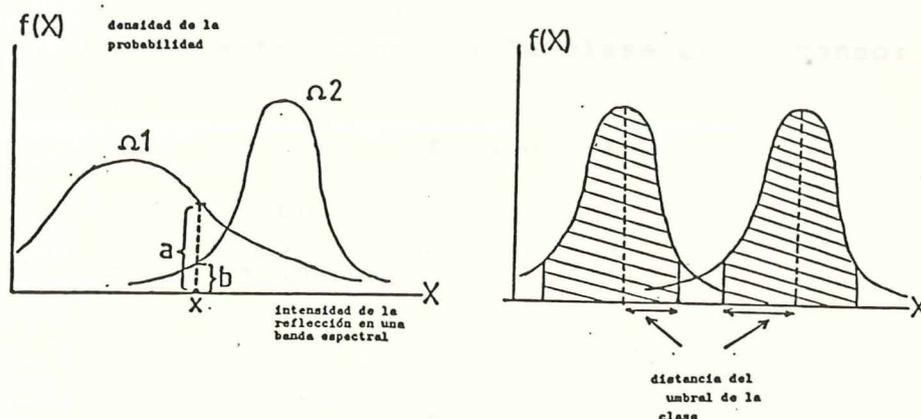


Figura 1: Ilustración del método de la probabilidad máxima

La relación:

$$\frac{P(\underline{X}|\Omega(1))}{P(\underline{X}|\Omega(2))} = a/b$$

es la forma más sencilla del ratio de la probabilidad máxima.

Es deseable introducir una clase aparte para todos los casos en los cuales los dos; a y b son muy pequeños. Eso se lleva a cabo por la introducción de un umbral para cada clase causando  $X = x(0)$  de ser clasificado ni como  $\Omega(1)$ , ni como  $\Omega(2)$ .

Cuando se asuma que para cada clase (1..m), la distribución de los vectores de observación  $\underline{X}$  conviene una distribución normal (Gauss) en N dimensiones y que la probabilidad de la ocurrencia de cada clase de los datos del LANDSAT TM es igual a  $1/m$ , se calcula la probabilidad de  $\underline{X}$ , dado  $\Omega(1)$  como:

$$P(\underline{X}|\Omega(1)) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |C(i)|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(\underline{X}-\underline{M}(i))^T C(i)^{-1} (\underline{X}-\underline{M}(i))}$$

en la cual:  $i = 1, \dots, m$   
 $N$  = número de bandas espectrales usadas  
 $|C(i)|$  = determinante de  $C(i)$   
 $\underline{M}(i)$  = valor medio  
 $C(i)$  = matriz de la covariancia.

Asumamos que la relación formulada abajo es la función de distinción del método de la probabilidad máxima para cada vector de observación  $\underline{X}$ :

$$G(i)(\underline{X}) = \ln P(\underline{X}|\Omega(i)) = -\frac{N}{2} \ln 2\pi - \frac{1}{2}(\ln |C(i)| + (\underline{X} - \underline{M}(i))^T C(i)^{-1} (\underline{X} - \underline{M}(i)))$$

La regla para la clasificación es la siguiente:

Clasificar  $\underline{X}$  como perteneciente a la clase  $\Omega(i)$  cuando:

$$G(i)(\underline{X}) > G(j)(\underline{X}) \text{ por cada } j \neq i$$

$$\text{y } G(i)(\underline{X}) \geq T(i)$$

en la cual  $T(i)$  es un umbral.

(BUITEN, 1983)

## ANEXO 2

### LISTA DE LOS TIPOS DE LA COBERTURA DE LA TIERRA DE LA ZONA ATLANTICA DE COSTA RICA

- 1 Rasgos culturales y infraestructura
  - 1.1 Transporte y comunicación
    - 1.1.01 ferrocarril
    - 1.1.02 autopista
    - 1.1.03 carretera
    - 1.1.04 campo de aterrizaje
  - 1.2 Residencias
    - 1.2.01 poblaciones
    - 1.2.02 campos de juegos
  - 1.3 Industria
- 2 Terreno ocupado por producción agropecuaria
  - 2.1 cultivos permanentes
    - 2.1.01 banano
    - 2.1.02 bambú
    - 2.1.03 ornamentales
    - 2.1.04 pejibaye
    - 2.1.05 plantaciones de árboles
    - 2.1.06 cacao
    - 2.1.07 cocos
    - 2.1.08 café
    - 2.1.09 palmito
    - 2.1.10 cítricos
    - 2.1.11 pimienta
    - 2.1.12 plátano
    - 2.1.13 macadamia
  - 2.2 Cultivos anuales y semi-permanentes
    - 2.2.01 cultivos anuales y semi-permanentes mixtos
    - 2.2.02 yuca
    - 2.2.03 otras raíces y tubérculos
    - 2.2.04 maíz
    - 2.2.05 arroz
    - 2.2.06 piña
  - 2.3 Pastizales
    - 2.3.01 pastos de baja productividad, sin árboles o baja densidad de árboles
    - 2.3.02 pastos de baja productividad, mediana densidad de árboles
    - 2.3.03 pastos de baja productividad, alta densidad de árboles
    - 2.3.04 pastos de baja productividad, mediana densidad de arbustos
    - 2.3.05 pastos cultivados, sin árboles
    - 2.3.06 pastos cultivados, baja densidad de árboles

2.3.07 pastos extensivamente pastados, con macollas de especies altas

2.3.08 pastos adaptados a tierras saturadas de agua.

2.4 Cultivos anuales y permanentes mixtos

2.4.01 casa y tierras adyacentes

3 Vegetación natural y seminatural

3.1 Bosque

3.1.01 bosque tropical húmedo

3.2 Vegetación secundaria

3.2.01 vegetación secundaria boscosa, estructura densa

3.2.02 vegetación secundaria arbustiva, estructura densa

3.2.03 vegetación secundaria, estructura abierta

3.2.04 grupo aislado de árboles

4 Aguas

4.1 Ríos

4.1.01 Cauce de un río

4.2

4.3

4.4

ANEXO 3 DATOS DE UNOS POLIGONOS

Nombre del polígono: GRASS3

Hay 25 "pixels" en este polígono

Banda	1	2	3	4	5	7
Mínimo	64	28	22	93	69	19
Promedio	68.60	29.44	24.68	98.64	78.52	22.68
Desviación estandar	1.70	0.70	1.09	2.77	3.25	1.19
Máximo	72	30	26	105	85	24

Nombre del polígono: GRASS47

Hay 13 "pixels" en este polígono

Banda	1	2	3	4	5	7
Mínimo	67	28	23	100	73	20
Promedio	69.08	31.15	26.69	106.54	81.31	24.00
Desviación estandar	0.99	1.29	1.59	3.73	5.09	1.52
Máximo	71	33	29	115	88	26

Nombre del polígono: GRASS43

Hay 20 "pixels" en este polígono

Banda	1	2	3	4	5	7
Mínimo	68	30	25	123	88	23
Promedio	71.30	32.10	27.10	136.40	96.45	27.50
Desviación estandar	1.59	1.04	1.51	4.90	4.51	1.88
Máximo	74	34	30	143	104	32

Nombre de la combinación: PASTIZ3

Hay 38 "pixels" en estos polígonos

Banda	1	2	3	4	5	7
Mínimo	64	28	22	93	69	19
Promedio	68.76	30.03	25.37	101.34	79.47	23.13
Desviación estandar	1.45	1.22	1.56	4.81	4.04	1.41
Máximo	72	33	29	115	88	26

ANEXO 4

FORMULARIO DE DESCRIPCION

DESCRIPCION DEL USO DE LA TIERRA, LA COBERTURA DE LA TIERRA Y LA  
FISIOGRAFIA PARA EL USO EN UN ESTUDIO DE DATOS REMOTOS EN LA ZONA  
ATLANTICA DE COSTA RICA

1. AUTOR:

FECHA:

NUMERO:

HORA:

AREA:

COORDENADAS:

DIBUJO DE LA UBICACION:

2.

- 2.1 TIPO DE SUELO:
- 2.2 UNIDAD FISIOGRAFICA:
- 2.3 ACCESIBILIDAD:
- 2.4 CONDICION DE HUMEDAD:
- 2.5 OBSERVACIONES:

3.

- 3.1 USO DE LA TIERRA:
- 3.2 PARCELACION

MEDIDA DE LOS LOTES:

FORMA:

REGULARIDAD:  
TIPO DE CERCAS:

ORIENTACION:

3.3 TAMANO DE LA FINCA:

3.4 OBSERVACIONES:

4.

COBERTURA DE LA TIERRA

- 4.1 TIPO
- 4.2 ESTADO DE DESARROLLO
- 4.3 ALTURA
- 4.4 DENSIDAD
- 4.5 ORIENTACION
- 4.6 DIAMETRO DE LA CORONA
- 4.7 COBERTURA EXTERIOR
- 4.8 COBERTURA INTERIOR


4.9 SUELO DESNUDO (%):

COLOR:

4.10 PRESENCIA DE PIEDRAS EN LA SUPERFICIE

ARENA            GRAVA            PIEDRAS            PEDRONES

PORCENTAJE				
DIAMETRO MAX.				
DIAMETRO MIN.				
PROMEDIO				

4.11 OBSERVACIONES:

5

FISIOGRAFIA

MESORELIEF            MICRORELIEF

5.1 TIPO		
5.2 COBERTURA		
5.3 ALTURA		
5.4 TAMANO		
5.5 FORMA		

5.6 OBSERVACIONES:

Notas:

- 2.2 por ejemplo: corriente de lodo.
- 2.3 por ejemplo: en carro solamente accesible en verano, a 4 horas de Guápiles.
- 4.2 por ejemplo: inicio de la floración.
- 4.7 cómo se ve la cobertura de la tierra de arriba, hay campo entre las coronas?
- 4.8 cómo son las coronas individuales de las unidades cubriendo la tierra; por ejemplo: muy denso.

ANEXO 5

VOCABULARIO ESPAÑOL - INGLES

ESPAÑOL	-	INGLES
datos de senso remoto	-	remotely sensed data
firma espectral	-	spectral signature
método de la probabilidad máxima	-	maximum likelihood method
umbral	-	threshold