



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

◆

LA EROSION EN MISIONES

POR EL INGENIERO FORESTAL

GLIEB GRÜNER

◆

PUBLICACION MISCELLANEA N° 411
REIMPRESION

BUENOS AIRES 1955

El interés que despertó en su momento esta publicación, vuelve ahora renovado en mérito a la preocupación que embarga a misioneros del sur, los problemas de la erosión hidráulica.

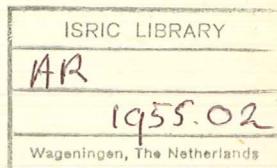
Al proceder a la reimpresión no ha sido posible reunirse con el material de clisés y fotografías originales. Quien desee conocer el original deberá recurrir a bibliotecas, entre otras, a la del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Para no dejar el texto falto de material fotográfico, se han incorporado nuevas fotografías que dramatizan ese problema y que han sido cedidas gentilmente por el Instituto de Suelos y Agrotecnia.

El texto original ha sido objeto de ligerísimas modificaciones de detalle que en nada empañan su valor técnico.



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA



LA EROSION EN MISIONES

POR EL INGENIERO FORESTAL

GLIEB GRÜNER

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 indicating the item reference number concerned.

PUBLICACION MISCELANEA N° 411

REIMPRESION

B U E N O S 1 9 5 5 A I R E S

INTRODUCCION

▼

EN LOS PAÍSES eminentemente agrícolas como es la República Argentina, el suelo constituye el principal capital de reserva, cuyo monto depende de la fertilidad y las otras condiciones que favorecen la producción agropecuaria. Mantener la integridad del suelo agrícola es una necesidad impuesta por la economía de la nación, porque constituye el patrimonio al amparo del cual la riqueza pública y privada se acrecientan.

La integridad del suelo está expuesta a los cambios que originan las fuerzas exógenas de la naturaleza, las que con su acción incesante la están modificando continuamente. Entre las causas a que nos referimos, la erosión que actúa en forma tan variada, es la que más altera la integridad del suelo allí donde las condiciones morfológicas de la superficie y otros factores concurrentes la favorecen.

En el territorio de Misiones, por su topografía, por el origen geológico de los terrenos, por el variable espesor de los suelos y la génesis de los mismos, por la influencia que tienen las precipitaciones pluviales y otros factores, la erosión está provocando una evolución de carácter negativo en la integridad del suelo, evolución que por su importancia puede llegar a comprometer la economía regional si no se adoptan a tiempo medidas que tiendan a limitar su acción destructora.

La lucha contra la erosión se torna difícil cuando los factores que la favorecen se hallan reunidos, como ocurre en Misiones, y más aún, cuando el hombre, procediendo con inconsciencia o con acentuada indiferencia, va preparando gradualmente el ambiente para el mejor desarrollo de aquélla.

El problema no ha merecido aún la atención que ya debió provocar. No conocemos que haya dado lugar a una acción de gobierno, quizás porque los efectos que ya son bien visibles en muchas y extensas porciones del territorio no han sido antes de ahora objeto de un estudio particular en procura de encontrarle alguna solución. Cabe reconocer, empero, que la Dirección de Tierras y Colonias encaró el estudio de la erosión, y aun cuando uno de sus técnicos especialistas dió a conocer la magnitud del problema en un informe que elevara a esa repartición, no tenemos conocimiento de que se hayan adoptado disposiciones concordantes con la importancia de los perjuicios ocasionados por la erosión en los lotes de las colonias estudiadas.

La acción privada tampoco parece que asigna a este problema su debida importancia, porque a pesar de los perjuicios que puedan soportar algunos propietarios o también los ocupantes de tierras fiscales, ya sean adquirentes o simples intrusos, no se sabe que alguien se haya interesado por poner obstáculo al desarrollo de la erosión en los suelos que les pertenecen o que ocupan.

Possiblemente, la indiferencia que denunciamos sea debida al descocimiento de los medios adecuados para evitar los efectos de la erosión. Después de haber recogido una serie de antecedentes, reunidas las observaciones sobre el terreno relacionadas con la erosión y completados con el estudio del clima regional y el de los suelos, hemos creido oportuno darlos a conocer, esperando que la difusión de los conocimientos sobre la erosión y los medios para evitarla, permitirán mantener el principal capital de Misiones: su suelo.

LA EROSION EN MISIONES

Por el ingeniero forestal GLIEB GRÜNER (¹)

CONCEPTOS GENERALES SOBRE EROSION

SE ENTIENDE POR EROSION el quebrantamiento de la superficie terrestre producido por efecto mecánico que provoca el movimiento y transporte de las partes que forman esta superficie. Los principales agentes geológicos que producen la erosión, son las aguas en movimiento, los vientos, los glaciares y los aludes.

En Misiones, con su clima subtropical húmedo, la erosión se produce por la acción del agua corriente; la erosión eólica obra parcialmente y sin mayor importancia, lo cual se observa en los suelos arenosos.

La nivelación del relieve terrestre por la actividad del agua es un proceso perpetuo e inevitable en su faz general; por eso hay que tratar el asunto del perjuicio producido por la erosión, bajo un punto de vista práctico y regional, relacionado con la remoción y transporte, por el agua, de la capa terrestre especialmente favorable al desarrollo de la vegetación, gracias a su estructura física, composición química y biológica, es decir, al suelo propiamente dicho o al suelo en sentido edafológico, sin limitar la profundidad de esta capa, porque las lateritas, por ejemplo, pueden alcanzar varios metros de profundidad.

Como consecuencia del proceso de erosión, se produce el depósito del material transportado por el agua y la consiguiente desaparición del suelo debajo de esos depósitos acarreados, constituidos por arcilla, arena, pedregullo, piedras y rocas, siendo éste otro de los perjuicios producidos por la erosión. Sin embargo, en ciertos casos de suelos de aluvión en sentido edafológico, estos depósitos son sumamente fértiles, pues muchos arroyos de la región boscosa de Misiones tienen las orillas formadas por depósitos de materiales finos y humus, hasta de tres metros de espesor, los cuales son favorecidos por la rica y espesa vegetación arbórea ribereña, tal como puede verse sobre Arroyo Tuna, en Pastoreo Chico, San Ignacio. Del mismo modo, el famoso abono del valle del río Nilo, dejado por inundaciones de sus aguas turbias, pertenece a la misma categoría.

(¹) Ex encargado del Laboratorio de Botánica e Investigaciones Forestales de la Estación Experimental de Loreto (Misiones).

La formación del suelo en las condiciones naturales, desde la fase esquelética hasta la madurez, necesita largos períodos de tiempo, muy distintos en relación al clima y al complejo de condiciones que intervienen. Pero la destrucción es muy rápida, pues según lo sostiene WALTER W. WEIR (¹) el principal capital de la agricultura, que es el suelo y al cual se atribuye un espesor de 15 centímetros, desaparece por el arrastre de las aguas pluviales, veinte veces más rápidamente que para renovarse por los procesos edáficos naturales. En cuanto se refiere a la formación, se presentan probabilidades principales:

1º *El estado de equilibrio* en el cual la capa del suelo no aumenta ni disminuye su espesor. Este caso no puede considerarse como erosión, aunque las aguas turbias demuestren la existencia de erosión propiamente dicha, pues con relación a la evolución del suelo, puede corresponder a dos fases posibles: estado de madurez y estado prematuro, paralizado en su evolución.

2º *El espesor del suelo aumenta*, aunque muy lentamente, sin depósito de material traído por el agua, quedando completamente eliminada la erosión y puede corresponder a la fase prematura de la evolución del suelo, que se continua por la actividad de agentes comunes en la formación del suelo, esto es, agentes climáticos, físicos, químicos y biológicos.

3º *El espesor del suelo disminuye*, hasta que el suelo desaparece completamente: es el caso de la erosión cuantitativa en diferentes grados y corresponde a las fases "subesqueletizadas" y "esqueletizadas".

Trataremos solamente de la erosión cuantitativa, aunque existe el efecto cualitativo de la misma, que no es menos importante en muchos casos, pero que no puede ser observada a simple vista, sino por los análisis mecánicos y químicos, que no han sido efectuados.

Las fases sucesivas posteriores a la esqueletización del suelo, producen la erosión de la roca madre o subsuelo, cuando aparecen al mismo tiempo vías de desagüe o concentraciones de las aguas pluviales, surcos, zanjones, barrancas en sus diferentes grados de desarrollo y eventualmente cañones con paredes verticales, según el espesor y cualidades de la roca madre. El desarrollo de las barrancas y cañones, una vez aparecidos, sigue más rápidamente por medio de los derrumbamientos y deslizamientos de las orillas, según rajaduras verticales, paralelas al eje de los torrentes, mientras se profundiza el fondo. Al mismo tiempo se observa la prolongación de los zanjones del lado del origen, con complicación del sistema por ramificaciones de primer orden, segundo orden, etcétera.

En Misiones, donde la mayoría de los casos de erosión incluye suelos de poca profundidad bruta con rocas madres compuestas de

(¹) Agricultural Engineering 10, página 304, 1929.

MAPA PLUVIOMETRICO

(Del segundo censo de la República Argentina)

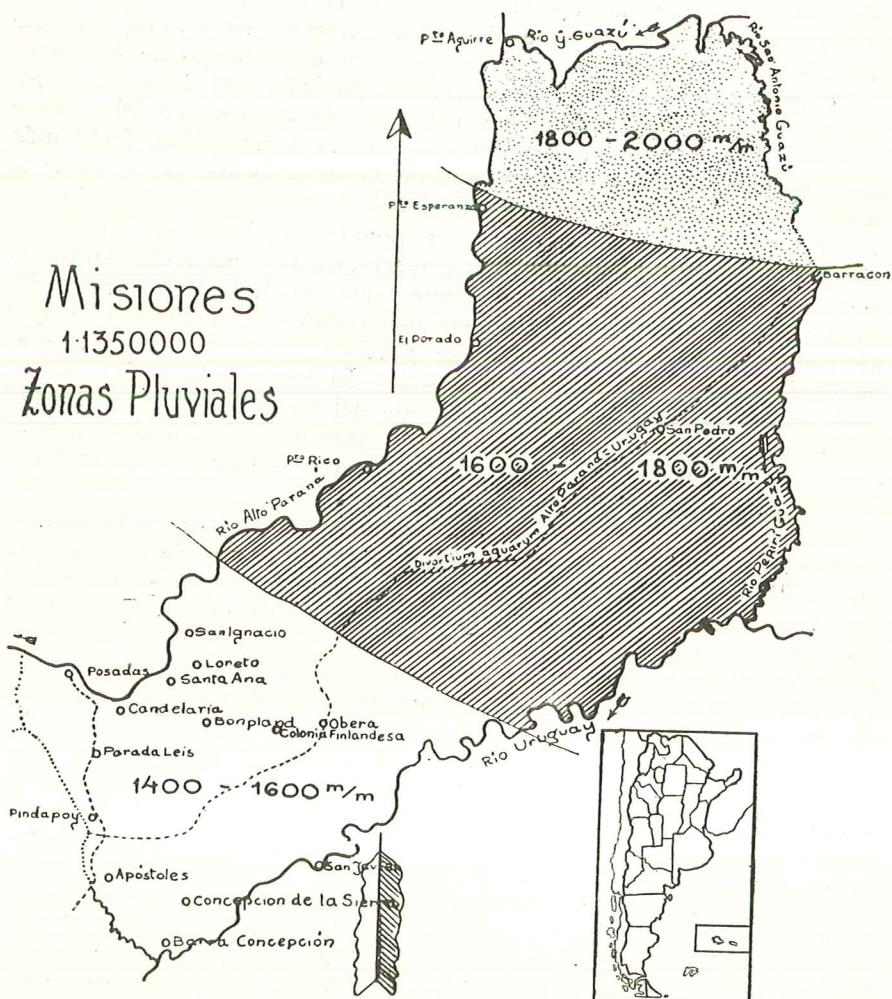


FIGURA 1

rocas vivas o fragmentos de ellas ⁽¹⁾ , el límite superior de la acción erosiva aparece en forma de afloramiento de estas rocas. Esto puede tener por efecto final la transformación en pedregales xerofíticos de los terrenos que pocos decenios antes eran fértiles.

Causas generales y perjuicios de la erosión. — La erosión y corrosión del terreno por las aguas pluviales tiene capital importancia para la economía agrícola de todos los países nuevos; su estudio presenta particular interés dentro de nuestro país, en el territorio de Misiones. En efecto, este territorio irregularmente poblado, con focos de agricultura antigua y con porciones cubiertas de bosques completamente vírgenes, ofrece abundantes materiales para la comparación, facilitando la adopción de medidas preventivas de la devastación, para salvar al suelo, que es la principal riqueza nacional.

En las condiciones naturales regionales y fuera de los casos excepcionales que representan las cumbres rocosas particularmente expuestas a los vientos secos descendentes, que impide la formación de los conjuntos vegetales arbóreos en terrenos montañosos, se observa siempre un equilibrio entre los factores que produce la erosión y los que la impiden, reduciéndola al mínimo posible. El factor más poderoso que suele impedir la erosión, es la protección del terreno por la vegetación. El quebrantamiento de este equilibrio en gran escala se produce actualmente por la actividad humana, relacionada con el pastoreo, agricultura, destrucción de los bosques, caminos, etcétera.

Entre los ejemplos desastrosos que registra la historia de la erosión, se puede mencionar en primer lugar la región del mar Adriático, Dalmacia, Meseta de Karst, desmontada completamente por la República de Venecia, donde el desmonte completo y el pastoreo continuado por las cabras, desnudaron grandes superficies rocosas calcáreas de las montañas transformándolas en desiertos peligrosos para los terrenos cultivados situados más abajo, expuestos al peligro de recubrimiento por los materiales deslizados y traídos por las aguas. Asimismo, los Alpes meriodionales de Francia representan otro ejemplo de esta categoría, como se los encuentra en la Grecia montañosa y en la isla de Chipre, en la que hemos podido observar este fenómeno y en donde el Gobierno británico ha impuesto medidas severas para evitar el desmonte y ha iniciado la reforestación de las montañas. Como pertenecientes a la actualidad, cabe recordar las barrancas (ovrag) profundas en el "chernozón" de las estepas del sur de Rusia; el fracaso al cabo de cinco años de la colonización de las "Montañas Calvas" cerca de Gelenchik en la región del mar Negro en Rusia y la parte meridional de los Estados Unidos de Norteamérica, donde grandes superficies dedicadas al algodonero fueron abandonadas por los efectos de la erosión.

La importancia de los desastres ocasionados por la erosión permiten reconocer que la adopción de medidas preventivas pueden resultar poco costosas en relación con los perjuicios, y que esas medidas deben cons-

⁽¹⁾ En Misiones se les denomina impropiamente "tosca", cuyo significado en

tituir una práctica. H. H. BENETT (¹) dice, refiriéndose a la necesidad de prevenir los efectos de la erosión, que "en algunas localidades se ha calculado que cada año perdido en el planteo de un programa amplio y eficaz de conservación del suelo, aumenta en cinco años el tiempo necesario para vencer las dificultades, debido no solamente a la razón creciente de la erosión después del alejamiento de las capas superiores, sino también por el agrandamiento de la superficie afectada". Si se inicia la acción contra el desarrollo de los sistemas de zanjas, zanjonas, y barrancas, momento en el cual el peligro de la erosión empieza a llamar la atención a los interesados, los gastos serán relativamente pocos, en comparación a lo que representan las erogaciones necesarias para paralizar el proceso más desarrollado que exige construcciones de piedra, madera y hormigón, con presupuestos exorbitantes.

El reforestamiento de los terrenos devastados y abandonados, representa una tarea bastante difícil y costosa, en países cálidos como Misiones, con verano seco, heladas en invierno y lluvias torrenciales irregulares.

Otra clase de perjuicio que causa la erosión de los terrenos quebrados y de colinas, se vincula con la navegación fluvial y la conservación de las construcciones hidráulicas e hidrotécnicas en general. En efecto; la rapidez del desagüe, favorecida por los sistemas de zanjas y barrancas que aumentan su amplitud entre el mínimo y máximo de los caudales, transporta mayor cantidad de materiales hacia los ríos principales, materiales que se depositan aguas abajo de los pasos angostos de los ríos Alto Paraná y Uruguay, reduciendo la duración de las aguas altas y ocasionando cambios de situación del eje del río (²). Sin duda corresponde a Misiones solamente una pequeña parte de esta influencia, en comparación con las cuencas totales de los ríos mencionados.

La pérdida progresiva de la fertilidad y la desvalorización agrícola y forestal de grandes extensiones de terrenos, no es de menor importancia y significa la reducción del capital fundiario. A este respecto, H. H. BENETT refiere que el "Banco Federal Agrícola de Houston, hace empréstitos sobre terrenos agrícolas a base de las seis pulgadas de la capa superior del suelo que constituye el capital principal de la granja. En estas transacciones, el agricultor se obliga a conservar el suelo. Si se descubre que por descuido de proteger sus campos con terraplenes, se está lavando el suelo en una proporción que excede de seis pulgadas por treinta y cinco años, sobre un préstamo pagadero en 35 años, el granjero puede ser inhibido por el Banco" (³).

En Misiones no se presta mayor atención al proceso destructivo del agua. El examen superficial no descubre las barrancas de varias decenas de metros de profundidad y en general se carece todavía de los espectáculos majestuosos del desastre que se observa en otros países.

(¹) La erosión del suelo y un programa nacional para la conservación del suelo, página 97.

(²) Proyectos de construcciones hidráulicas, etc. M. O. P. Dirección General de Navegación y Puertos. Buenos Aires, 1928.

(³) La erosión del suelo, su control y su costo. 1928.

en que los pueblos y campos cultivados son removidos enteramente por los deslizamientos y derrumbamientos o sepultados bajo los conos de sedimentación. Los suelos de poca profundidad bruta desaparecen en forma imperceptible, desnudando el *substratum* rocoso o pedregoso y la vegetación más valiosa es reemplazada por la xerofítica herbácea con regularidad sistemática. Tanto mayor es el peligro de esta tranquila e inevitable degeneración de los terrenos, cuanto más tardío sea el movimiento de opinión pública en favor de la adopción de medidas eficaces.

La actividad rural intensiva en Misiones data de época reciente si se excluye a los pueblos agrícolas de los jesuítas, después de cuya desaparición quedó nuevamente establecido el equilibrio natural. La relativa abundancia de los terrenos libres y, en general, el aprovechamiento extensivo del suelo, constituyen una característica del territorio. Estas circunstancias explican también por qué el proceso destructivo no ha tenido suficiente tiempo para desarrollarse y por qué no se le toma en serio.

Por otro lado, no puede negarse que todas las fases en las modificaciones del esquema general de la erosión que va a continuación tienen sus ejemplos en Misiones; esto puede servir como advertencia para salvar parte del territorio intacto o casi intacto.

Esquema del carácter y consecuencias inmediatas de la erosión. — En los terrenos cultivados, en los de desmonte y pastoreo quemados, la erosión comienza por el cambio de la relación entre las cantidades de aguas pluviales infiltradas o retenidas por la capacidad hidrática del suelo y la que se evapora o se pierde por las arterias de drenaje; la parte correspondiente a estas últimas se acrecienta. Este cambio depende en mucho del estado de la superficie del suelo y especialmente de la fijación de la superficie por las raíces de la vegetación, que puede impedir la erosión en igualdad de las otras condiciones. Las fases de la erosión, sus consecuencias y las medidas para luchar contra ellas figuran en el cuadro N° 1.

CUADRO N° 1

FASES DE LA EROSION	Consecuencias inmediatas producidas sobre el lugar eluvial y modos de combatir las fases
<p>I. <i>Fase inicial.</i> — Remoción y transporte del material más liviano que el agua, es decir, la desaparición del mantillo forestal y detritus orgánico.</p> <p>Remoción y transporte (y eventualmente la disolución) de la ceniza, humus y partículas arcillosas.</p> <p>El afloramiento de las piedras y pedregullo por desaparición de la arcilla y componentes finos del suelo o por el cambio del material suspendido en el agua. Se depositan partículas de mayor diámetro o más pesadas, mientras son llevadas las más livianas y menudas.</p> <p>La decapitación del suelo por el arrastre de la zona superior.</p> <p>Inmediatamente empiezan a marcarse, casi imperceptibles al principio, las vías de concentración de las aguas pluviales.</p>	<p>I. <i>Degeneración del suelo.</i> — Desaparición de los componentes del suelo, especialmente favorables a la nutrición de las plantas e indispensables a la formación de los suelos sanos y fértiles: el edafón, relacionado con la presencia de la materia orgánica y arcilla.</p> <p>Desaparición de las partículas de diámetro mínimo, sea por arrastre, sea por el cambio de los diámetros por otros mayores, lo cual empobrece el suelo en sentido edáfico, porque el factor activo se caracteriza por la suma de las superficies de las partículas cuyo valor total aumenta con la disminución de los diámetros de los componentes.</p> <p>Cambios desfavorables de las propiedades físicas del suelo, como ser: higroscopicidad, capacidad hidrática, porosidad, estructura granular, permeabilidad, las cuales son muy elevadas en los suelos buenos.</p> <p>La aceleración del desagüe y el endurecimiento de la superficie del suelo al estado seco.</p>
<p>II. <i>Fase de la formación de los surcos.</i> — Bien visibles con el aumento de la velocidad y efecto erosivo de las aguas concentradas. La decapitación se revela en la mayor parte de la superficie, bajo la acción de la erosión.</p>	<p>II. <i>Comienzo del régimen seco.</i> — Se lo observa en las capas superficiales del terreno por el drenaje, como consecuencia de los surcos y parcialmente, en las capas más profundas por la infiltración disminuida y la mayor rapidez del desagüe.</p>
<p>III. <i>Fase de la profundización y prolongación de las vías de desagüe.</i></p> <p>Empiezan a aparecer los torrentes iniciales.</p> <p>Comienza una sensible y desfavorable influencia sobre los cursos permanentes de agua, en las cuencas de los cuales se hallan situadas las superficies some-</p>	<p>III. <i>Esqueletización completa del suelo.</i></p> <p>Se la observa en las cuencas de los torrentes y carcavones con corrosión de la roca madre, en las partes más bajas.</p> <p>El régimen seco llega hasta las capas más profundas con desecación de las partes con suelo todavía casi intacto.</p>

CUADRO N° 1 (*continuación*)

FASES DE LA EROSION	Consecuencias inmediatas producidas sobre el lugar eluvial y modos de combatir las fases
tidas a la erosión, tanto por el régimen irregular del desagüe, como por los materiales traídos por los torrentes. En esta fase, la erosión aparece marcada por la acción de los arroyos.	Los terrenos pasan parcialmente a la categoría de incultos.
Se observa la evolución de las ramificaciones de los carcavones y la prolongación de ellos en sus orígenes.	<i>Medidas de lucha.</i> — El escalonamiento sistemático y completo de los terrenos y la consolidación de las ramas secundarias por cercos trenzados, paredes de piedra, fajinas, con vegetación o por construcciones. Los terrenos necesitan mejoras fundamentales para ser aprovechados más adelante por la agricultura y parcialmente deben ser reforestados.
El desagüe se efectúa perpendicularmente a los carcavones, lo cual aumenta considerablemente la rapidez de la concentración y favorece la ramificación.	Los carcavones se profundizan en la roca madre. En casos de roca madre rocosa, y en suelos de poca profundidad bruta aparecen afloramientos de rocas vivas. Eventualmente se observan afloramientos de piedras de tamaños mayores sobre los taludes de los sistemas de surcos.
IV. <i>Fase de la evolución de los torrentes.</i> — Se realiza por el modo más rápido, derrumbamientos y deslizamientos. Según los caracteres de los perfiles edáficos, aparecen grandes manchas de rocas vivas, barrancas o cañones.	IV. <i>Las superficies son incultas y peligrosas.</i> — Para los terrenos vecinos son peligrosas por la posibilidad del desarrollo acelerado del sistema de barrancas.
<p><i>Medidas de lucha.</i> — Sistemas de diques y escalones, consolidación por vegetación y obras de arte, en los taludes y la repoblación completa con montes del terreno amenazado por el arrastre.</p>	

Esta última fase llega a la formación del terreno quebrado con la denudación de la roca madre y eventualmente con la de las capas situadas más profundamente. El resultado final es el rebajamiento del terreno, cuando los taludes de las barrancas paralelas se encuentran en forma de cuchillas y la extensión rápida y sucesiva del proceso en los terrenos situados en los lados y hacia arriba.

La evolución completa que se ha descripto, puede mostrar diferentes modificaciones según las condiciones del terreno y entre ellas es de importancia la formación geológica.

Como ya se ha mencionado, en Misiones la etapa final queda representada por la denudación de las rocas vivas, transformándose los terrenos en incultos y pastoreos pobres.

Factores que suelen producir y acelerar la erosión superficial ocasionada por las aguas pluviales. — En igualdad de las demás condiciones, influyen en forma directamente proporcional, los siguientes factores:

A. PRECIPITACIONES

- 1) La intensidad de las lluvias, vale decir la cantidad de milímetros de agua caída en la unidad de tiempo.
- 2) Duración de la lluvia.

B. DESAGÜE

- 3) Intensidad del desagüe
- 4) Duración del desagüe

Depende no solamente de la duración e intensidad de las precipitaciones, sino también de muchas otras condiciones.

- 5) Falta de saturación de las aguas en movimiento por el material de igual y menor peso y tamaño, en comparación con el que forma la superficie amenazada por la erosión. Las aguas cargadas de material duro y de tamaño grande (piedras) pueden producir corrosión del fondo, lo cual acelera mucho el efecto erosivo.

C. CONFIGURACIÓN DESFAVORABLE DEL TERRENO

- 6) El largo de la pendiente aumenta la cantidad de las aguas pluviales recolectadas y con ello la profundidad y velocidad de las mismas, según puede verse más adelante, en la aplicación de la fórmula de Pascher.
- 7) Grado de inclinación.
- 8) Cambio en el grado de inclinación, pasando del menor al mayor.
- 9) Presencia de concavidades con ejes situados más o menos en el sentido de la pendiente máxima.
- 10) Exposición de la pendiente hacia el lado lluvioso, es decir, la pendiente de la ladera se halla expuesta hacia los puntos cardinales de donde son más frecuentes los vientos con lluvias.

D. ESTADO Y CONDICIÓN DESFAVORABLE DE LA SUPERFICIE

- 11) Ausencia de obstáculos que disminuyan la velocidad de las aguas superficiales.
- 12) Soltura de las partículas que forman la superficie y falta de fijación por las raíces de la vegetación.
- 13) Menor tamaño y peso específico de las partículas que forman la superficie.

E. SUELOS Y PERFILES EDÁFICOS CON CARACTERES DESFAVORABLES

- 14) Poca capacidad hídrica.
- 15) Poca permeabilidad del suelo o de la roca madre.
- 16) Poca profundidad bruta, vale decir, hasta la zona compacta de las rocas vivas y piedras.

F. LOS EXTREMOS DEL REMOJAMIENTO DEL SUELO

- 17) Endurecimiento por efecto de las sequías prolongadas, que en cierta categoría de suelos reduce al mínimo la infiltración.
- 18) Remojamiento máximo que produce el fenómeno del "chorreo".

G. DESTRUCCIÓN DE LA VEGETACIÓN

- 19) El desmonte es muy favorable para la aceleración de la erosión, por el aumento de la cantidad total del desagüe, como se demuestra en el capítulo III.

H. OTROS FACTORES

- 20) Tienen también influencia sobre la erosión, la presión barométrica, la temperatura y las fases de la luna que están poco estudiadas y sin mayor importancia práctica.

CONDICIONES DEL TERRITORIO DE MISIONES QUE SE RELACIONAN CON LA EROSION

Topografía, ríos y arroyos. — Misiones pertenece orográficamente a la región montañosa del Brasil meridional. La Sierra Central de Misiones, denominada por los jesuitas Sierra del Imán y que en diferentes mapas tiene los nombres de Cordillera de Misiones, Sierra Grande de Misiones y Sierra Victoria, constituye un ramal de la "Serra Geral" o "Serra do Mar" del Estado brasileño de Río Grande del Sur. Esta sierra marca el divorcio entre las cuencas desiguales del río Alto Paraná y del río Uruguay; tiene dirección general de sudoeste a nordeste y representa el eje principal del territorio.

Empieza cerca de las colonias San Carlos y San José y pasa la frontera argentino-brasileña, entre las cuencas de los ríos Chopín o San Antonio Guazú de Oyarvide o también Gangada (que es afluente del río Iguazú el cual lleva por nombre menos conocido, el de Río Grande de Curitiba) y Pepirí-Guazú o también Pequirí-Guazú o Chapecó, afluente del río Uruguay.

Las alturas absolutas de la Sierra Central de Misiones alcanzan, según el mapa de Fuilliand (1909), un promedio de 60 metros. El segundo censo de la República Argentina, de mayo 10 de 1895, indica que el pico más elevado dentro del territorio es el de La Factura, que alcanza a 460 metros. V. MARTÍN DE MOUSSY, en su "Description géographique et statistique de la Confédération Argentine", da para Misiones alturas máximas de 50 a 800 metros. Asimismo encontramos que el ingeniero agrónomo A. C. Muello indica la cumbre más elevada dentro del territorio, San Pedro, con 468 metros. Pero el mapa adjunto al "Alegato de la República Argentina en la cuestión de límites con el Brasil, en el territorio de Misiones", sometida al presidente de los Estados Unidos de Norteamérica; da como altura máxima de la Sierra Central de Misiones, cerca de la frontera brasileña 1.300 metros, la cual baja desde el divorcio entre los ríos San Antonio-Guazú y Pepirí-Guazú, hasta la barra de este último en el río Uruguay, a 140 metros sobre el nivel del mar. La orilla del río Alto Paraná en Posadas está a 98 metros, mientras que las partes más elevadas de esta ciudad oscilan entre 119 y 125 metros. Entre Puerto Aguirre y Salto San Martín, el desnivel alcanza a 120 metros. Finalmente, la altitud de la Estación Experimental de Loreto, medida barométricamente, comparada con Posadas, se determinó en 163 metros.

Estas citas sobre alturas se dan, no por ser típicas, sino porque los datos de alturas relativas y altitudes sobre el nivel del mar para Misiones, son muy escasos y ocasionales.

La superficie de la mayor parte del territorio de Misiones muestra el relieve denominado técnicamente "colinado", caracterizado por la exposición e inclinación de las pendientes muy variables e irregulares dentro de cortas distancias. Esta particularidad suele dificultar el establecimiento de las medidas generales de la lucha contra la erosión y, eventualmente, la reglamentación sobre cultivo del suelo, pastoreo, desmonte, etcétera.

Los cursos de agua relativamente numerosos en Misiones representan actualmente el equilibrio entre sus caudales máximos y sus perfiles trans-

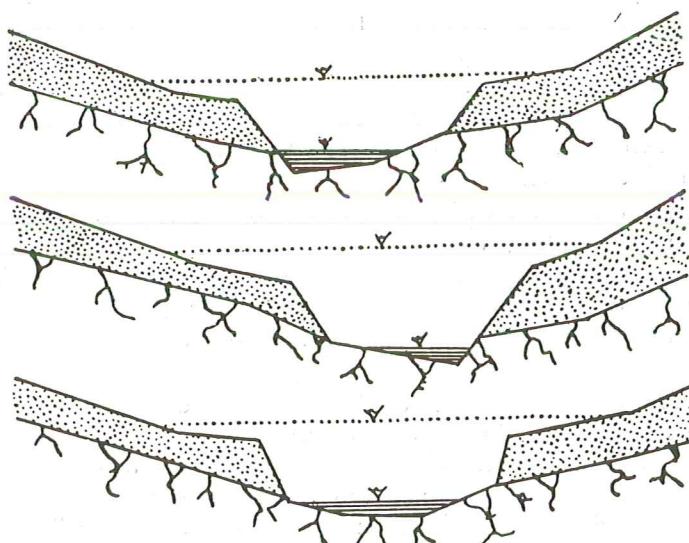


FIGURA 2

versales, con las orillas fijadas por la vegetación arbórea. Los arroyos típicos muestran perfiles transversales aproximados a un trapecio con el fondo de rocas vivas profundizadas y taludes de depósitos aluvionales. Estos perfiles pueden estudiarse en los siguientes arroyos: San Juan y Santa Ana, entre Posadas y Santa Ana; Mártires e Isabela, entre Bonpland y Leandro N. Alem; Soberbio y Encantado, en Yerbal Viejo; Yabebirí y Pastora, en Loreto; Apepú, Tuna, Chappaz, Bonito, Guayabera y Tacuara, en San Ignacio, y una cantidad de pequeños arroyos cuyos nombres no se conocen.

Estos perfiles pertenecen al tipo doble. Las aguas altas inundan las orillas, cubiertas generalmente por vegetación muy densa. El carácter del perfil típico y la vegetación ribereña que disminuyen considerablemente la velocidad de las aguas de crecientes, efectúan una poderosa

regulación de la rapidez del desagüe. Con la destrucción de considerables superficies de montes vírgenes que tiene una gran acción absorbente, puede esperarse el comienzo de una intensa erosión de las orillas y transformación de los perfiles dobles en simples, fenómeno que ya puede observarse en varios lugares.

Las orillas de los ríos Alto Paraná y Uruguay, alcanzan de 50 a 100 metros sobre el nivel de las aguas medias. Este carácter del río, encerrado dentro del valle angosto, es típico para el Alto Paraná desde



Cultivo irracional. — Las labores a favor de la pendiente del terreno facilitan el escurrimiento de agua y el arrastre del suelo fértil.

Puerto Rico aproximadamente, hasta el límite del país. Los taludes del valle, inclinados hasta cien por ciento, están cubiertos actualmente en su mayor parte por vegetación arbórea muy densa, que no obstante no representa los caracteres de los bosques del interior del territorio, tanto por su composición, como por su desarrollo bajo y ramoso que atribuimos a influencias de los vientos dominantes del valle del río. Entre la faja de esta vegetación y la propia orilla del río en el fondo del valle que está formado por rocas vivas de 10 a 15 metros de altura sobre el nivel de las aguas medias, se halla situada con gran regularidad una faja hasta de 30 metros de ancho de tacuara (Bambusa Guadúa, H. B.). Esta vegetación representa una perfecta defensa natural contra

el arrastre de los taludes por las aguas pluviales y, hasta cierto grado, por la erosión del mismo río crecido.

Las orillas del río Alto Paraná revelan derrumbamientos y deslizamientos de grandes masas de tierra que llevan consigo parte del conjunto de tacuaras. Por esta circunstancia, los taludes del valle del Alto Paraná deben llamar la atención desde el punto de vista de la adopción de medidas preventivas contra la erosión, porque una vez desarrollada ésta puede alcanzar hasta 500, 1.000 y más metros dentro de la tierra firme. La importancia de esta sugerencia se destaca cuando se tiene presente que los terrenos vecinos al río Alto Paraná son relativamente poblados y representan una zona fértil, apta para los cultivos subtropicales como ser: chirimoya, bananero, ananás, etc.; aquí puede observarse cambios bruscos y extremos de la temperatura, moderadas probablemente por el gran volumen de las aguas tibias del río tropical, como también por las neblinas, comunes en el valle durante el invierno.

Las colinas rocosas con afloramientos de rocas vivas, son típicas para el territorio en general. Actualmente estos terrenos inclinados, pedregosos y rocosos, se hallan recubiertos por capas de humus y detritos orgánicos aglomerados y protegidos por los bosques higrófilos cuya característica la constituye el subbosque muy desarrollado. Con los desmontes, aparecen rápidamente suelos esqueletizados en forma de pedregales áridos.

Apuntes geológicos y petrográficos. — Desde el punto de vista geológico, Misiones se halla incluido en la gran región que comprende el Brasil y partes del Paraguay, Uruguay y provincia de Corrientes.

Los conglomerados, las "brechas", areniscas vitrificadas por el contacto eruptivo, las tobas volcánicas y la piedra tacurú (formación de los bañados antiguos) tienen una distribución limitada y no representan un papel geológico importante. Según el doctor Haussen, en el territorio de Misiones sólo se encuentran floramientos de dos rocas madres principales:

a) Rocas basálticas eruptivas, las cuales conviene denominar con el nombre neutral de meláfiros o espilitas según la estructura, porque la edad de esas rocas es más antigua que la de los basaltos y probablemente corresponden al mesozoico, mientras que los basaltos verdaderos son de edad Terciaria y Cuaternaria. Las espilitas (con estructura amigdaloide) y los meláfiros misionenses, varían en su coloración, desde el gris claro hasta el gris oscuro, variando también en su estructura, la cual presenta dos tipos principales: afanitas con grano fino predominantes y doleritas con grano grueso menos distribuidas. Se encuentran formas intermedias entre los tipos principales.

El capitán ALFREDO GELODI menciona "potentes erupciones basálticas que después se transforman en traquíticas" y agrega que "toda la capa superficial de Misiones, procedente de la disgregación de la traquita . . ." (páginas 7 y 8), lo que hace creer en la existencia de esta roca en el territorio. La ausencia en Misiones de las rocas con estructura porfirítica y la edad de las rocas volcánicas misionenses más antiguas, excluye esta suposición.

b) Las areniscas cuarzosas continentales de grano fino cementadas por limonita, pertenecen a la formación brasileña de São Bento, de edad Triásica. En algunos casos están cementadas por limonita y substancia arcillosa. Los colores de la areniscas varían entre el gris amarillento casi blanco, hasta el rojizo y rojo pardo; la coloración roja indica que la época de la formación de estas areniscas fué árida. En algunos casos muestran estratificación, careciendo de ella en otros. Según el doctor HAUSSEN, estas areniscas carecen completamente de



Cultivo racional. — Cultivos en líneas de nivel con terrazas protegidas con "cedrón paraguayo".

fósiles. En parte permiten deducir que hubo sedimentación de aguas corrientes; en otros casos la sedimentación fué de procedencia eólica.

Por lo que hace a la edad atribuida a estas areniscas, hemos seguido a WHITE y WOODWORTH.

De acuerdo con diferentes datos, puede deducirse que las areniscas misionenses forman el *substratum* de las capas volcánicas de todo el territorio, pues el mismo doctor Haussen argumenta la suposición de la existencia de una capa continua de arenisca debajo de las lavas basálticas, fundando en haber encontrado los afloramientos de la roca en cuestión, en posición fuertemente dislocada, hasta 45 grados en San Ignacio.

Parece que en Misiones se encuentran afloramientos de areniscas descubiertas por la erosión, en posición casi horizontal, lo que confirmaría la opinión sobre la existencia de una capa continua.

Estas areniscas son muy poco resistentes a la descomposición por los agentes atmosféricos. Su descomposición, fácil y rápida, da origen en las regiones de afloramientos a los suelos arenosos, que tienen mucha importancia desde el punto de vista del peligro de la erosión. No ocupando superficie tan grande como los meláfiros, las areniscas representan sin duda una roca típica para Misiones; sus afloramientos se encuentran dispersos por todo el territorio y pueden observarse generalmente sobre las laderas de valles y faldas y taludes de los ríos y arroyos. Una faja de 30 kilómetros de largo y tres a seis kilómetros de ancho de suelos arenosos está situada paralelamente al río Alto Paraná, entre Candelaria y San Ignacio. Los afloramientos de areniscas se encuentran en Loreto, Santa Ana, Cerro Corá, Bonpland, San José, Apóstoles y Mártires, desde San Lorenzo pasando San Pedro hasta Barracón, entre Puerto Rico y Puerto San Alberto, en el valle del arroyo Soberbio, en Yerbal Viejo y muchos otros.

La roca más distribuida en el territorio es el meláfiro, cuya capa continua cubre las areniscas en su espesor considerable en algunas partes. Su estructura y resistencia es variable, disgregándose por acción mecánica y descomponiéndose químicamente con bastante rapidez, una vez expuesto a la acción atmosférica. Los afloramientos de los meláfiros muestran rajaduras en direcciones reciprocamente perpendiculares con disgregación en fragmentos, los cuales dan abundante material para el transporte. Rara vez se encuentran en el subsuelo rocas vivas como índice de meláfiros más resistentes, pues las rocas vivas recubiertas por fragmentos en parte descompuestos químicamente, es un fenómeno común. Los cortes de estos fragmentos demuestran descomposición química sucesiva, con escamación concéntrica en algunos casos; el color gris natural y la estructura compacta en el centro pasa al rojo violeta y ocre, con aspecto de estructura terrosa de limonita en la periferia.

Particularidades edáficas. — En la composición química de los meláfiros, según los análisis del Laboratorio de la Dirección de Minas y Geología ⁽¹⁾, el contenido de CaO y de K₂O es:

CUADRO N° 2

Afanita del camino entre Santa Ana y Bonpland	Dolerita de Cerro Corá
CaO	5.38 %
K ₂ O	1.59 »

Esto demuestra que las rocas regionales predominantes, pueden dar origen a suelos bastante fértiles, pero desde otro punto de vista,

(1) DOCTOR J. HAUSSEN. Contribución al estudio de la Petrografía del territorio de Misiones. Página 15.

según el material de observaciones locales, puede deducirse que esta fertilidad es considerablemente reducida por la erosión, que son las partes estériles y esqueletizadas sobre la base de meláfiro.

El efecto de la acción combinada entre los factores geológicos, climáticos, edáficos y biológicos en Misiones, deja solamente a las rocas vivas verticales, despobladas o casi despobladas de vegetación. Los sitios con rocas vivas inalteradas de meláfiro, del tipo resistente a la descomposición, muy desfavorable para la vegetación por su aridez e impermeabilidad del subsuelo, son ocupados por las sabanas de urunday



Cultivo racional. — Yerba mate plantada en líneas de nivel con terrazas de desagüe

(*Astronium Balansae* ENG.). La composición de estas sinecias xerofíticas es muy típica y además del *Astronium*, hay *Lippia liciooides*. STEUD., *Litraea molleoides* VELL., que son dos arbustos, y la *Piptadenia macrocarpa* BTH., que es un árbol que alcanza en estos sitios, como *Astronium*, de 10 a 15 metros de altura. Las manchas de estas partes áridas en bosque higrófilo se llaman "campiñas", en las cuales no se encuentra piptademia; tienen suelos oropédicos, que están constituidos en algunos casos de una sola zona muy humífera de tres a diez centímetros de espesor, cubierta por la vegetación herbácea, muy interesante y típica, de la *Aspilia montevidensis* (SPR.) OK. var. *angustifolia* (D. C.) BAK., subarbusto de 50 centímetros que forma colchones de varios metros cuadrados en las sabanas extensas de urunday.

La existencia de las sabanas mencionadas, indica que las condiciones climáticas de Misiones son favorables a la formación del suelo sobre la base del meláfiro y obliga a pensar que los suelos esqueléticos en las cercanías de las colonias antiguas, como San Ignacio, Loreto, Santa Ana y Bonpland, son en realidad suelos esqueletizados de carácter antropógeno, en los que los incendios continuos, el pastoreo, el cultivo inadecuado del suelo y el desmonte de los terrenos fuertemente inclinados forman condiciones favorables al desarrollo de la erosión.

La falta de estudios sistemáticos científicamente inobjetables de los suelos de Misiones, obliga a establecer una clasificación aproximada y provisional basada sobre los caracteres biológicos de la composición de los conjuntos vegetales típicos para las distintas categorías de suelos, sobre los caracteres de los distintos sitios y sucesión de la estratificación y los caracteres macroscópicos de las zonas edáficas. Esta clasificación puede representarse por el esquema que se da a continuación, que tiene interés más bien especial para usos de descripción y valorización de la erosión, que el de un sistema sobre la base edafológica.

ESQUEMA PROVISIONAL DE LA CLASIFICACION DE LOS SUELOS DE MISIONES

I. SUELOS ROJOS

1. *Suelos rojos adherentes.* — Probablemente lateritas vivas, con coloración clara al estado húmedo, con reflejos violetas; falta la zona humífera. En algunos casos tienen este carácter los "suelos decapitados" de los tipos de "suelos rojos sueltos" y "suelos pardos", perteneciendo a las series esqueletizadas y subesqueletizadas. La profundidad bruta hasta la roca descompuesta así como los espesores de las zonas, pueden ser considerables. Una gran parte del año están expuestos al régimen seco con insolación intensa de la superficie. Vegetación: graminetum, en algunos casos fruticetum. Aluviales y primarios.

2. *Suelos rojos sueltos.* — Lateritas recubiertas o relictos, por lo menos la subdivisión b. Menos consistentes, presentan una zona humífera aunque muy delgada y cubierta muerta. La zona superior tiene coloración roja obscura, pareciendo más obscura al estado húmedo. Suelos forestales de primera calidad, a veces de los prados. En su mayoría primarios, sombreados por la vegetación. En Loreto, sobre representantes de este tipo, se observa la repoblación natural de *Araucaria brasiliiana* A. RICH. y yerba mate. Puede establecerse la siguiente subdivisión.

- a) De profundidad bruta hasta la roca en descomposición; generalmente no pasa de un metro.
- b) Profundidad más de un metro, pudiendo alcanzar 10 y más metros de profundidad de tierra fina, sin fragmentos de la roca madre.

3. *Suelos eólicos* o con apariencia eólica. La profundidad bruta de la tierra fina, puede alcanzar 15 y más metros. La coloración es roja viva con matices amarillos, sin uniformidad, y se observa en algunos casos una ligera estratificación. Tiene poca consistencia y apretada entre los dedos, se disgrega fácilmente en polvo fino. Estructura columnar bastante pronunciada y a menudo se observan concreciones blancas hasta del tamaño de una nuez, de poca consistencia y con aspecto terroso.



Yerbales que sufren enormes daños provocados por la erosión hidráulica

II. SUELOS ARENOSOS

Con coloración desde el rojo claro hasta el blancoamarillento o grisáceo y humificación de la zona superior desde cero hasta cincuenta centímetros.

1. *Arenas rojas aluviales* en el sentido geológico. En algunos casos puede sospecharse una procedencia eólica y requiere un estudio más profundo. En este caso, los suelos arenosos pueden dividirse en cuatro divisiones o bien formar con ellos y los suelos loésicos un párrafo aparte de los suelos a base eólica. En algunos casos, en las arenas rojas aluviales, el porcentaje de arcilla es más elevado, con tendencia a formar costra ferruginosa en su superficie. Su coherencia es bastante pronunciada, lo que le permite sostenerse en paredes verticales en forma de cañones, en los lugares erosionados. En otros casos

son más sueltas y representan arena casi pura. Generalmente debajo el graminetum, de carácter xerofítico, estepas arenosas; en los lugares más bajos o frescos, fruticetum poco desarrollado o monte bajo.

Existen razones para suponer que la mayoría de estos suelos aluviales representan antiguos suelos forestales, desmontados en primer orden hace tiempo, por su menor inclinación y mayor profundidad. Esto puede admitirse en las cercanías de las colonias antiguas, pero falta material para su documentación.

2. *Arenas humíferas*, primarias y aluviales; no representan un papel importante, sea que procedan de la roca madre-aluvión o arenisca descompuesta no transportada por agua. Tienen menor profundidad bruta; la coloración de la capa humífera es negra intensa cuando húmeda y gris en seco, menor porcentaje de arcilla, menor coherencia y consistencia. En su mayor parte bosques.

3. *Arenas arcillosas pardas y humíferas*, primarias y aluviales. Suelos forestales de primera calidad, en algunos casos son muy parecidos a los suelos pardos forestales, de los que difieren por su mayor contenido en arena cuarzosa.

III. SUELOS HUMÍFEROS. SOBRE LA BASE DE LA DESCOMPOSICIÓN DE LOS MELÁFIROS

1. *Suelos negros aluviales* (en sentido edafológico). — En las faldas y orillas de los arroyos, el material es retenido por la vegetación de estas orillas, procedente de las capas humíferas llevadas por las aguas pluviales de los terrenos inclinados, ocupados por bosques y prados. Se depositan por la disminución de la velocidad de las aguas en movimiento, por la menor inclinación o por los obstáculos que ofrece la vegetación. Humus, arcilla y detritos orgánicos forman depósitos de tres y más metros de espesor. Vegetación: graminetum, fruticetum y bosque, de extensión limitada, pero distribución típica.

2. *Suelos pardos*. Bosques cerrados en los terrenos relativamente poco inclinados e inclinados fuertemente, mesetas y valles. Conjuntos de *Bambusa Trinii* NEES. "tacuarales" sobre var. húmeda, pero también graminetum sobre var. seca. La zona humífera alcanza 50-100 centímetros de espesor, con cubierta muerta de detritos orgánicos bastante desarrollada. Son suelos forestales de primera calidad. Se observa la repoblación natural de *Araucaria brasiliiana* A. RICH. en Loreto, sobre suelos de este tipo.

a) Con profundidad bruta hasta un metro, es forma de transición al suelo pardo oropédico.

b) Profundidad bruta de más de un metro.

IV. SUELOS CROPÉDICOS, NEGROS Y PARDOS

1. *Suelos negros forestales.* — Zona superior muy humífera con mantillo de detritos orgánicos, situado inmediatamente sobre la zona de descomposición del meláfiro o sobre la misma roca madre mecánicamente disgregada, eventualmente rocas continuas con rajaduras y también sobre pedregullo llamado "itacurubí" en guaraní. La vegetación está constituida por el bosque virgen cerrado, con subbosque desarrollado, compuesto de *Pilocarpus*, *Sorocea*, *Astinostemon*, *Chusquea*, etc. En algunos casos



Yerbales que sufren enormes daños provocados por la erosión hidráulica

encuéntranse suelos forestales de primera calidad, principalmente para ciertas especies como el lapacho (*Tecoma ipe* y *T. Ochracea*). Los terrenos son en su mayoría inclinados y muy inclinados.

2. *Suelos pardos oropédicos.* — La zona pardo obscura es muy humífera en su parte superior; es muy delgada, alcanzando de 10 a 30 centímetros sobre la zona de descomposición del meláfiro, "itacurubí" especialmente. La vegetación comprende sabana y fruticetum sobre variedad más seca y bosque cerrado en la parte más húmeda.

3. *Suelos de sabanas y campiñas de urunday.* — Sobre rocas continuas y resistentes a la descomposición, en mesetas, terrazas y terrenos suavemente inclinados.

4. *Suelos negros de estepas pedregosas.* — El espesor de la capa humífera es de tres centímetros, más o menos, que llena las concavidades entre piedras y bloques y retenida por las raíces de césped de graminetum.

V. SUELOS ÁCIDOS TURBOSOS

En cuencas pequeñas con escaso drenaje, en las márgenes pantanosas de los arroyos y barros de los ríos. Vegetación: prados; bañados, montes bajos de especial composición florística, fruticetum. Los perfiles demuestran una zona desarrollada de detritos orgánicos con zona de humus ácido más abajo; en otros casos, más generales, la zona humífera es pronunciada, de intenso color negro cuando húmeda y gris hasta gris claro en seco. Existen tres tipos:

1. *Suelos grises.* — Debajo de la zona humífera, se encuentra una zona gris clara de espesor considerable en algunos casos, a la que sigue hacia abajo la zona del "gley" o roca de descomposición cementada, como zonas eluviales.

2. *Suelos pardo colorados de pantano.* — Debajo de la zona humífera pronunciada, se encuentra una zona pardo colorada cuando está húmeda y con matices algo rosados en seco, con manchas y concreciones que varían del blanco al pardo claro y pardo oscuro; presenta consistencia pegajosa. Como en la zona eluvial se encuentra "gley" o es pardo colorado muy oscura con los caracteres de "ortstein", representando éste muy probablemente una fase prematura de la formación de la roca llamada "piedra tacurú". El tacurú se encuentra generalmente sobre la misma roca viva de melafiro y no es probable que proceda de la sedimentación en el fondo de las aguas estancadas por actividad de bacterias férricas.

3. *Suelos pardos ácidos forestales.* — Con concreciones negras en la zona eluvial en lugares de drenaje algo escaso.

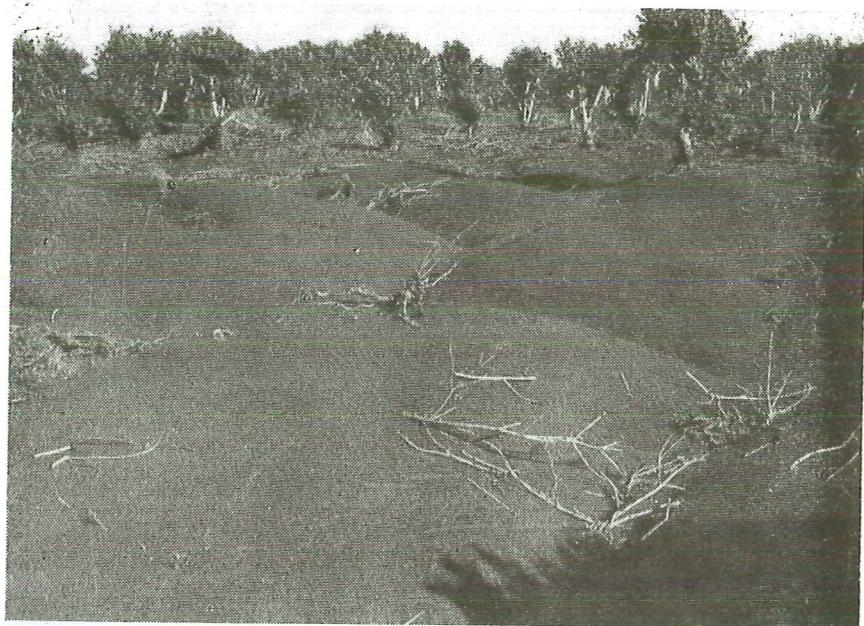
VI. SUELOS AGROPÉDICOS

Los suelos cultivados pertenecen a esta serie, cuando no han sido erosionados ni decapitados, en cuyos casos pasan a la serie siguiente de suelos esqueletizados y subesqueletizados. En Misiones la categoría de los suelos agropédicos incluye terrenos de cultivo permanente, como son los yerbales, naranjales, etc., y sólo en parte los terrenos cubiertos por vegetación espontánea o sean las "capoeras" propiamente dichas.

VII. SUELOS ESQUELÉTICOS, ESQUELETIZADOS Y SUBESQUELETIZADOS

1. *Suelos esqueléticos.* — Cumbres rocosas, rocas más o menos verticales, derrumbamientos nuevos, los cuales comprenden superficies insignificantes y muy poco distribuidas.

2. *Suelos esqueletizados y subesqueletizados.* — Es ésta una categoría muy importante desde el punto de vista del estudio de la erosión, pues a ella pertenecen los suelos cultivados, decapitados, abandonados y cubiertos por la vegetación de capoeras, chircales, conjuntos con predominio de *Baccharis dracunculifolia* D. C. en el piso superior, arbusto que alcanza hasta cinco metros de altura, al cual reemplaza en los sitios más frescos el *Baccharis refracta* BURCHEL, que es del mismo porte, pero menos distribuido y abundante y *Baccharis Gaudichaudiana* D. C., cuya altura



Yerbales que sufren enormes daños provocados por la erosión hidráulica

sólo alcanza a dos metros y es muy abundante. Pertenecen también a esta categoría los pastoreos sistemáticamente quemados y recargados con animales y los suelos forestales desmontados y transformados en pastoreo, etcétera.

CONCEPTOS ECONOMICOS SEGUN EL ORIGEN DE LOS SUELOS

Las areniscas son muy poco resistentes a la erosión y corrosión, siéndolo aún menos los suelos arenosos, y por ello tienen interés desde el punto de vista de la desvalorización de los terrenos.

Aunque no son extensos, dada la superficie que ocupan, los suelos arenosos son típicos y bastante distribuidos. En muchos casos estos suelos y los arenocillosos están pobladados por la

desmontados, especialmente en terrenos inclinados, muestran la decapitación de la zona superior humífera y la erosión intensa, siendo frecuente observar que estos suelos, después del desmonte, se transforman en prados de carácter xerofítico y llegan a tener, bajo el tapiz de la vegetación de prados, delgadas zonas humíferas retenidas por las raíces del césped de graminetum, la cual fija hasta cierto grado la zona edáfica situada más abajo; pero con el pastoreo e incendio, muy pronto llega la decapitación y el arrastre por las aguas, de las capas superficiales, quedando sólo manchas, escalones y zanjas profundas con carácter de cañones. Entre Candelaria y San Ignacio se encuen-



Yerbales que sufren enormes daños provocados por la erosión hidráulica

tran varios yerbales, algunos de superficies considerables, todos situados sobre suelos arenosos. Estos suelos recién desmontados, son muy fértiles al principio, pero pronto se produce su degeneración y devastación por el cultivo y la erosión.

Los meláfiros de Misiones dan origen a los suelos distribuidos en manchas por todo el territorio, valiosos para la agricultura intensiva, los cuales pertenecen a las siguientes clases del esquema: suelos rojos adherentes, rojos sueltos, profundos y suelos humíferos pardos profundos. Soportan mejor que los suelos arenosos la acción de la erosión y desempeñan un papel más importante con relación a la lucha contra su destrucción por el agua, siendo los suelos típicos de los yerbales, que es actualmente el principal cultivo regional.

Muy valiosos resultan para la agricultura por hallarse bastante diseminados, aunque poco extensos, los suelos *eólicos*, *negros aluviales* y *grises*. Estos últimos, una vez drenados, son muy fértiles y buenos para los diferentes cultivos de cereales y eventualmente para arrozales con riego; pero no son aptos para yerbales ni plantaciones arbóreas en general. Su situación especial en faldas y depresiones del terreno, les expone a sufrir por la erosión de aguas concentradas, arroyos y torrentes.

De extensión considerable y gran importancia para la silvicultura son los suelos *rojos sueltos poco profundos*, los *suelos pardos poco profundos*, los *oropédicos negros forestales* y los *oropédicos pardos*; estos suelos, situados sobre terrenos inclinados con desmontes, pastoreo y cultivos, desaparecen por completo aumentando la superficie de los suelos esqueletizados.

Los incendios y el pastoreo, al provocar y favorecer la erosión, destruyen los suelos oropédicos de las sabanas y campiñas de urunday, desnudando las rocas vivas; lo mismo pasa con los suelos negros de estepas pedregosas, cuya extensión es en general limitada.

Para la comparación y estudio de la génesis de la erosión, presentan gran interés los suelos esqueletizados y subesqueletizados, los cuales desgraciadamente aumentan la superficie que ocupan. No es exagerado afirmar que la mayor parte de los suelos agropédicos de Misiones, donde existen terrenos inclinados, están a punto de pasar a la categoría de los suelos subesqueletizados.

GENESIS Y EVOLUCION DE LOS SUELOS DE MISIONES

El esquema anterior tiene, con referencia a Misiones, el carácter de un catálogo, y teniendo en cuenta la génesis y la evolución de los suelos en el territorio, puede aquélla simplificarse del siguiente modo:

A. *Suelos procedentes de la descomposición de los melafíros.*

1. Lateritas.
2. Suelos humíferos.
 - a. Humus saturado.
 - α Lateritas recubiertas.
 - β Suelos pardos forestales y pardos oropédicos.
 - b. Humus ácido, por lo menos en algunas épocas del año.
 - α Negros forestales, negros de sabana y estepas.
 - β Humíferos de pantanos y de cuencas con escaso drenaje, pardos forestales ácidos.

B. *Suelos procedentes de la descomposición de las areniscas.*

1. Suelos arenosos de las estepas y sabanas.
2. Humíferos forestales, pardos arenosos.
3. Suelos eólicos.

C. *Suelos de aluvión en el sentido edafológico.*

1. Negros aluviales.
2. Suelos de pantanos y bañados en cuencas de escaso desagüe.

Careciendo de datos exactos y especialmente del catálogo de los suelos de Misiones, porque casi todo lo existente sobre este asunto no son estudios científicos, estando destinados puramente a uso técnico agrícola, es bastante difícil establecer una clasificación, aunque sea aproximada. Desgraciadamente no poseo el trabajo de A. FOUROUS (¹) que cito por la publicación del doctor HAUSSEN (²), donde puede verse que aquél afirma la existencia de lateritas en Misiones.

Usando la clasificación general de los suelos, de EMILIO H. DEL VILLAR (³), pueden distribuirse algunas categorías de nuestro esquema principal, del modo siguiente:

Serie turbosa. — Suelos grises turbosos, posiblemente también los negros forestales y suelos de sabanas y campiñas de urunday.

Serie sialítica. — Probablemente pueden incluirse en ella los suelos pardos forestales, arenas pardas arcillosas y arenas humíferas.

Serie aluvial. — Suelos negros aluviales y algunos suelos ácidos.

Serie alítica. — Muy importante desde el punto de vista edafológico, pues a ella pertenecen los suelos rojos de nuestra esquema. Por no disponer de los análisis químicos de los perfiles completos según zonas naturales formadas por los procesos edáficos, aprovecharemos los datos de la zona superior aluvial y de la roca madre de estos suelos y del melafíro en sus variedades afanítico y dolerítico. Hemos llegado a la conclusión de que los "suelos rojos sueltos" son lateritas, aunque posiblemente recubiertas, vale decir, son relictos; esto último se deduce de la presencia de estos suelos bajo bosques cerrados y del carácter del perfil, con cubierta seca y zona humífera, aunque insignificante a veces.

En Yerbal Viejo, en el lugar de extracción de muestras de suelo, éste pertenece a la categoría de los "suelos rojos sueltos" de nuestro esquema y nos inclinamos a creer que los suelos rojos adherentes a los que pertenece posiblemente la muestra de Garupá, son las lateritas vivas o todavía vivas.

(¹) A. FOUROUS. *Reconocimiento geológico del territorio de Misiones.* An. Min. Agric. 1904.

(²) DR. J. HAUSSEN. *Contribución al estudio de la petrografía, etcétera.*

(³) EMILIO H. DEL VILLAR. *El suelo.* Página 209.

El siguiente cuadro contiene datos sobre sesquióxidos y sílice soluble, tomados de los análisis del Laboratorio de Química de la Estación Experimental de Loreto y calculados al 100 %. El MnO, se agregó al Fe₂O₃ para poder compararlos con los datos del profesor doctor Lang.

CUADRO N° 3

	Número 6 Yerbal Viejo - Oberá Bosque cerrado	Número 7 L. N. Alem "Tierra de monte"	Número 8 Cerro Azul "Tierra de monte"	Número 5 Garupá - Posadas "Tierra de campo"
SiO ₂	% ...	1,041	1,41	0,926
Al ₂ O ₃	» ...	50,040	49,21	50,828
Fe ₂ O ₃ - MnO	» ...	48,919	49,38	48,246
<hr/>				
TOTALES	100,000	100,00	100,000
				100,00

Los cuadros auténticos representan cada uno, tres columnas para muestras de suelo de cada calicata, de las profundidades 0-25 centímetros, 25-50 centímetros y 50-75 centímetros. Estas profundidades fijas, tal vez son útiles para los usos agrícolas; pero solamente por obra de la casualidad pueden corresponder a las zonas edáficas naturales. En efecto, del perfil de la muestra número seis de Yerbal Viejo se puede decir que las tres muestras pertenecen a la misma zona de "costra ferruginosa" cuya profundidad en lateritas puede alcanzar a un metro y más ⁽¹⁾. Esto confirma los resultados de todos los análisis en cuestión y, por ello, nuestro cuadro cambiado representa las medias aritméticas de las tres columnas.

Las muestras de los suelos fueron pasadas por mallas de dos milímetros y la solución se efectuó en ácido clorhídrico al 20 %, 20 cm.³ para un gramo de muestra, en ebullición durante una hora.

Los residuos insolubles alcanzan a 40-44 % pero, según el profesor doctor Lang, esto no es importante para las características de las lateritas, porque la descomposición posterior no puede enriquecer en SiO₂ la zona en cuestión, cambiando la dirección del proceso.

Comparando la composición de la costra ferruginosa con el contenido de los elementos mencionados para los meláfiros regionales, vemos que en las muestras de los suelos analizados el contenido de sílice soluble es insignificante, mientras que el hierro y el aluminio aumentan considerablemente.

Damos a continuación los datos analíticos de los meláfiros, citados ya en parte anteriormente, con los contenidos de SiAl, Fe y Mn, calculados al cien por ciento.

(1) El mantillo y zona humífera no se analizaron.

CUADRO N° 4

Componentes extraídos del cuadro de análisis completo	Meláfiros afaníticos del camino entre Santa Ana y Bonpland		Meláfiros doleríticos de Cerro Corá	
	Contenido total incompleto	Calculado al cien por ciento	Contenido total incompleto	Calculado al cien por ciento
SiO ₂	56,28	72,82	52,40	64,72
TiO ₂	7,04	3,21		
Al ₂ O ₃	12,00	13,80	11,59	13,50
Fe ₂ O ₃	2,15	2,47	9,16	10,72
FeO	9,49	10,91	9,42	11,02
MnO	Vestigios	—	Vestigios	—
TOTALES		100,00		100,00

El profesor R. Lang ha aplicado el "triángulo de Osann" usado en petrografía, para la comparación entre sí de las muestras de arcillas amarillas, suelos rojos tropicales y lateritas, en lo referente a la relación SiO₂: Al₂O₃: Fe₂O₃.

En el referido triángulo, la línea punteada significa "línea de arcilla" y establece la relación constante Al₂O₃: Fe₂O₃ con disminución de SiO₂ desde arcillas amarillas hasta lateritas. A la derecha de esta línea están situadas las lateritas con tendencia al endurecimiento y formación de concreciones de coloración más obscura; a la izquierda se encuentran las "tierras pálidas". Nuestras lateritas pertenecen al primer tipo.

Los análisis de suelos dados por el profesor Lang incluyen totalmente hasta las partículas de dos décimos de milímetro en ácidos solubles e insolubles, tomando juntamente el Fe₂O₃+MnO+TiO₂ (página 662).

Los datos consignados en el triángulo corresponden:

A ₁	A ₂	A ₃	A ₁₁	Arcillas amarillas del norte de Europa
R ₂				Suelo rojo de Planina
R ₄	»	»	»	Javornik
R ₇	»	»	»	Lavrona (Selch)
R ₉	»	»	»	Voloska (Fach)
R ₁₀	»	»	»	Karst de Croacia
R ₁₁	»	»	»	Paikftuss (Schierl)
R ₁₂	»	»	»	Karst de Croacia
L ₁				Laterita de Santa María
L ₂	»	»	»	Kodikanal
L ₃	»	»	»	Fianarantzoa, Madagascar (C. Buez)
L ₄	»	»	»	Pernal, India (H. Warth)

De los suelos de Misiones

LM Lateritas de Misiones (casi en un punto)

Del perfil de Reuning dado por Harrassovitz, página 217:

LH Laterita de Ettakat, Málabar.

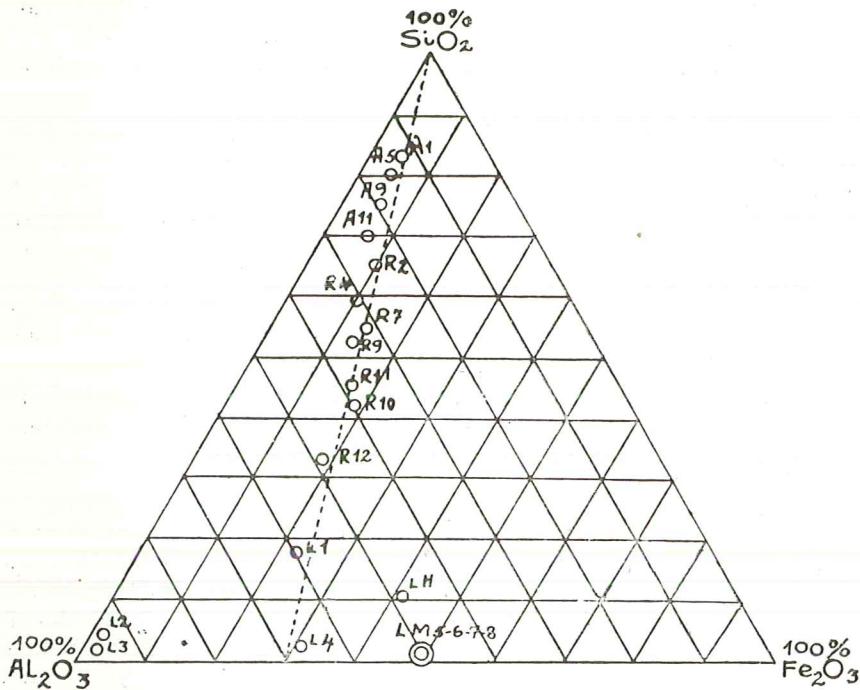


FIGURA 3. — Triángulo de Osann

Conceptos quínticos de las lateritas. — E. H. Villar expresa que "en una laterita la sílice sólo podrá estar en forma lapidea de cuarzo".

Según Marbut-Fermor, para el África intertropical, las lateritas tienen más del 90 % de elementos lateríticos, es decir, de sesquióxidos de Al y de Fe, deducido el cuarzo; los suelos rojos tropicales tienen hasta el 25 % de estos elementos y los suelos rojos lateríticos, desde 25 hasta 90 por ciento.

El profesor R. Lang, basándose sobre los datos de numerosos investigadores, establece: los suelos rojos tienen, en general, de 20 a 60 % de SiO_2 soluble y las lateritas, en general, tienen insignificante por ciento de SiO_2 , la cual prácticamente casi desaparece.

Caracteres y condiciones de la formación de la laterita. — El perfil típico de las lateritas, comprende de abajo hacia arriba: la roca madre, la zona de descomposición, la zona de concentración especialmente de SiO_2 , la costra ferruginosa que muestra la concentración de sesquióxidos de Fe y Al. La última puede alcanzar un metro y más de espesor; otras zonas también alcanzan espesores considerables, gracias a la intensidad de los procesos químicos y edáficos del clima en cuestión.

Las temperaturas para la formación de las lateritas no ha de ser inferior a un promedio anual de 20 grados centígrados.

Las lateritas son formaciones edáficas de las sabanas y estepas especialmente, no resintiendo el clima árido desértico, por un lado, y la vegetación exuberante de las regiones húmedas con bosques continuos y formación de humus, por otro lado.

El factor pluvial, coeficiente entre los promedios anuales de precipitaciones y temperaturas, ha sido calculado por el doctor Lang, entre 40 y 60 para las regiones de lateritas. Bajo estas condiciones han sido encontradas por diferentes investigadores las lateritas de Camboya (Indochina), Australia, Archipiélago de Bismarck, China, India, África Oriental y América Central.

Las rocas graníticas y gneissicas son rocas madres clásicas de las lateritas; pero bajo los trópicos, han sido observadas lateritas sobre diferentes rocas, hasta calcáreas.

La profundidad del agua freática, el nivel de las aguas estancadas y corrientes, la exposición e inclinación del terreno, son condiciones importantes en la probable formación de las lateritas.

Condiciones relacionadas con la formación de las lateritas en Misiones. — Loreto, con un promedio anual de temperatura de 20,6° C. correspondiente al cuadriénio 1929/32, con el factor pluvial 76 y con vientos secos del sur que intensifican enormemente la evaporación, se caracteriza por la baja humedad del suelo en el verano, siendo elevada en el invierno. Esto ofrece quizás probables condiciones microclimáticas para la formación de las lateritas en las manchas limitadas, por ejemplo, sobre las laderas expuestas a los vientos descendentes del sur.

Por otro lado, los "suelos rojos sueltos" cubiertos con bosque cerrado, presentan mantillo de detrito orgánico y capa humífera que no ha sido analizada, por cuya razón bien puede tratarse de lateritas antiguas, recubiertas. PHILIPP VON LUETZELBURG, basándose en estudios fitogeográficos, llega a la conclusión que vastas superficies del Brasil, empezando en el Estado de Río Grande del Sur y las de los países límitrofes del Brasil por lo menos, indican claramente el cambio de clima árido en húmedo cuyo proceso continúa actualmente. Esta conclusión muy importante parece afirmar la posibilidad de la existencia en Misiones, de lateritas de relictos, aunque en las condiciones presentes, no pueden encontrarse lateritas vivas. Puede agregarse que las areniscas de edad Triásica, con coloración roja, revelan el clima árido durante el tiempo de su aparición. Nuestras observaciones nos permiten afirmar que hay invasión de carrascos y bosques, en regiones antes ocupadas, en Misiones, por la vegetación de estepas y sabanas.

Particularidades climáticas. — Entre los factores del clima de más inmediata relación con la erosión figuran las precipitaciones pluviales, la distribución, según las estaciones del año, la cantidad y especialmente la intensidad de las mismas. Esto último debe entenderse como cantidad de milímetros de lluvia caída durante una hora, siendo muy importante establecer la intensidad máxima para determinado lugar.

Es indispensable tener en cuenta las lluvias máximas, para los cálculos de los caudales máximos probables, que por lo general no se observan, para los construcciones hidrotécnicas. Por otra parte deben considerarse las lluvias máximas en los estudios de los efectos de la erosión, por cuanto ellas pueden llevar y transportar de una sola vez enormes volúmenes de materiales disponibles, hasta ese momento intactos.

Los datos sobre las lluvias máximas caídas en Misiones son bastante escasos y desgraciadamente no figuran en las publicaciones meteorológicas. Las siguientes observaciones de carácter ocasional muestran algunas características de la región, en este sentido.

Posadas. En mayo de 1928 cayeron, en dos horas, 120 mm.

Loreto. En mayo 9 de 1928, en 11 horas 30', cayeron 300 mm. en total y 150 mm. en las dos últimas horas.

Loreto. En mayo 5 de 1932 cayeron, en media hora, 30 mm., con desagüe y efectos erosivos considerables.

Loreto. En octubre 8 de 1933, año que fué relativamente seco en su principio, cayeron 60 mm. en 8 horas 30', precipitación que se produjo en el intervalo medio del período lluvioso primaveral, con el suelo saturado de agua. Como consecuencia de esta precipitación, se produjo una intensa erosión en los yerbales como no fué observada en todo el año 1933, aconteciendo lo mismo en los pastoreos. Aparecieron también por primera vez ciertos cursos temporarios de agua dentro del año 1933 y las superficies recién quemadas de prados con pastos duros, perdieron toda la ceniza y capa humífera superficial durante una noche; el río Yabebirí tuvo una crecida sobre la normal para esta estación del año; se observó el fenómeno del "chorreo" en tierras cultivadas.

Loreto. En octubre 29 de 1933 y dentro de las doce horas comprendidas desde las 20 horas del día 28, hasta las 8 horas del día 29, cayeron 65 mm. con efectos de desagüe mucho más pronunciados que los que causaron las precipitaciones de la fecha octubre 8 de 1933. Desde las 8 hasta las 14 horas cayeron 15 mm., lo que hace total de 80 mm. en 24 horas.

En octubre 30 de 1933, desde las 8 horas hasta las 9 horas 15' cayeron 41 mm., es decir, 33 mm. por hora; a la hora siguiente, cayeron 14 mm. Los arroyos o cursos de agua temporarios tenían caudales de agua extremadamente grandes, mucho mayores que los del día 29 de octubre. La precipitación total del día 30 fué de 58 mm.

Loreto. En enero 21 de 1934, en veinticinco minutos comprendidos desde las 14 horas hasta las 14 horas 25', cayeron 25 mm., es decir, 60 mm. por hora y los efectos del desagüe demostró toda la importancia de la intensidad de la lluvia.

Loreto. En febrero 16 de 1934, en cincuenta minutos transcurridos desde las 6 horas 45' hasta las 7 horas 35', cayeron 33 mm., lo que equivale a la intensidad de 39,6 mm. por hora. En cierto arroyo temporal (Arboretum), así como en el pequeño embalse artificial del mismo sitio, por primera vez desde el mes de octubre apareció agua muy turbia, observada a las 9 horas 30': los efectos producidos por esta lluvia revelan toda la importancia del remojamiento del suelo, pues durante el mes de febrero llovió mucho; pero las precipitaciones más intensas del 21 de enero de 1934, con 60 mm. por hora, caídos sobre el suelo moderadamente húmedo, no produjeron el efecto observado con las lluvias de febrero.

Para Loreto, Misiones, la intensidad máxima de la lluvia que hemos observado hasta ahora, es de 75 mm. por hora, con una duración de dos horas. Hay fundadas razones para suponer la existencia de precipitaciones más intensas hacia el norte del territorio en las zonas de 1.600-1.800 y de 1.800-2.000 mm. anuales, mientras que Loreto y Posadas pertenecen a la zona de 1.400-1.600 milímetros.

Analizando el efecto probable de la intensidad de una lluvia máxima de 75 mm. por hora, caso que no hemos observado personalmente, se llega a la conclusión de que en las condiciones locales, ha de tener considerable. A este respecto, conviene tener presente lo que se ha referido respecto a la lluvia del 8 de octubre de 1933. Por otra parte, según puede verse en lo relativo a la lluvia del 9 de mayo de 1928, caída en Loreto, la lluvia torrencial cayó después de nueve horas y media de lluvia de intensidad excepcional, con 150 mm., caídos sobre el suelo completamente embebido de agua.

Los suelos de Misiones son poco permeables en estado seco, por ejemplo los suelos rojos adherentes, los rojos decapitados, muchos suelos oropédicos y los esqueletizados. Los dos factores, intensidad de las lluvias e infiltración reducida, suelen aumentar la cantidad total del desagüe en la unidad de tiempo; por lo tanto, la erosión es favorecida por el agua en movimiento.

Los días lluviosos mencionados, 29-30 de octubre de 1933, como mejor anotados, presentan interés para dar una idea clara de la intensidad del desagüe al final del período lluvioso primaveral. Se han observado las siguientes sucesiones de las precipitaciones y los consiguientes efectos visibles del desagüe:

CUADRO N° 5

MES	FECHA	Precipitaciones						Observa- ciones	E F E C T O V I S I B L E D E L D E S A G Ü E		
		Intervalo de la caída		Canti- dad media en m/m.	Dura- ción						
		Desde	Hasta		H.	M.					
		H.	M.								
O C T U B R E	28 19 — 20 — 2 1 —										
O C T U B R E	28 20 —								El río Yabebirí, a las 21 h., no demostró aumento de caudal.		
O C T U B R E	29 8 — 65 12 —							Empezó a llover sobre la gran región desde Posadas hasta C. Viera.	A las 7 h., el río Yabebirí demostró creciente del nivel. A las 12 h. 30', resultaba imposible vadearlo a caballo. A las 16 h., el nivel de la creciente casi llegó a las orillas. A las 10 h. 30', el arroyo Guayabera resultó impasable a caballo. (El arroyo Guayabera desemboca en el arroyo Chappaz).		
O C T U B R E	29 8 — 14 — 15 4 —										
O C T U B R E	30 8 — 9 15 41 1 15										
O C T U B R E	30 9 15 10 15 14 1 —										
O C T U B R E	30 10 15 14 — 3 3 45										
O C T U B R E	30 20 —										
O C T U B R E	31 8 — 9 12 —										
O C T U B R E	2								(A) El agua casi no corre más.		
O C T U B R E	5								El río Yabebirí tiene caudal disminuido a la mitad.		
N O V I E M B R E	7								El río Yabebirí puede pasarse a caballo, pero el caudal es doble del mínimo.		
N O V I E M B R E	13								(B) Las aguas corren, pero considerablemente disminuidas. Dentro del año 1933 empezó su actividad el 8 de octubre y continuó hasta la fecha.		

Estas lluvias de fines de octubre demuestran la influencia que tiene el remojamiento del suelo, sobre la cantidad total e intensidad del desagüe. Los cursos temporarios de agua A y B, así como los arroyos permanentes, indicaron caudales incomparablemente mayores como los del 14 de abril de 1933 con 76 mm., caídos dentro de las 24 horas sobre el suelo desecado, aunque de esta precipitación no se tienen datos sobre su intensidad y distribución. Fué notable el efecto de 80 mm. que cayeron el 29 de octubre de 1933 al cabo de 16 horas y especialmente una de 55 mm., caídos en dos horas quince minutos el 30 de octubre de 1933 sobre el suelo completamente mojado por 80 mm., caídos el día anterior; esto último demuestra el efecto de la lluvia torrencial, sobre el suelo "chorreado".

Resultan muy demostrativas las observaciones de los cursos A y B y en menor grado la de los arroyos y ríos como el Yabebirí con cuencas grandes, pues aquí tenemos el resultado de precipitaciones simultáneas sobre toda la superficie de la cuenca.

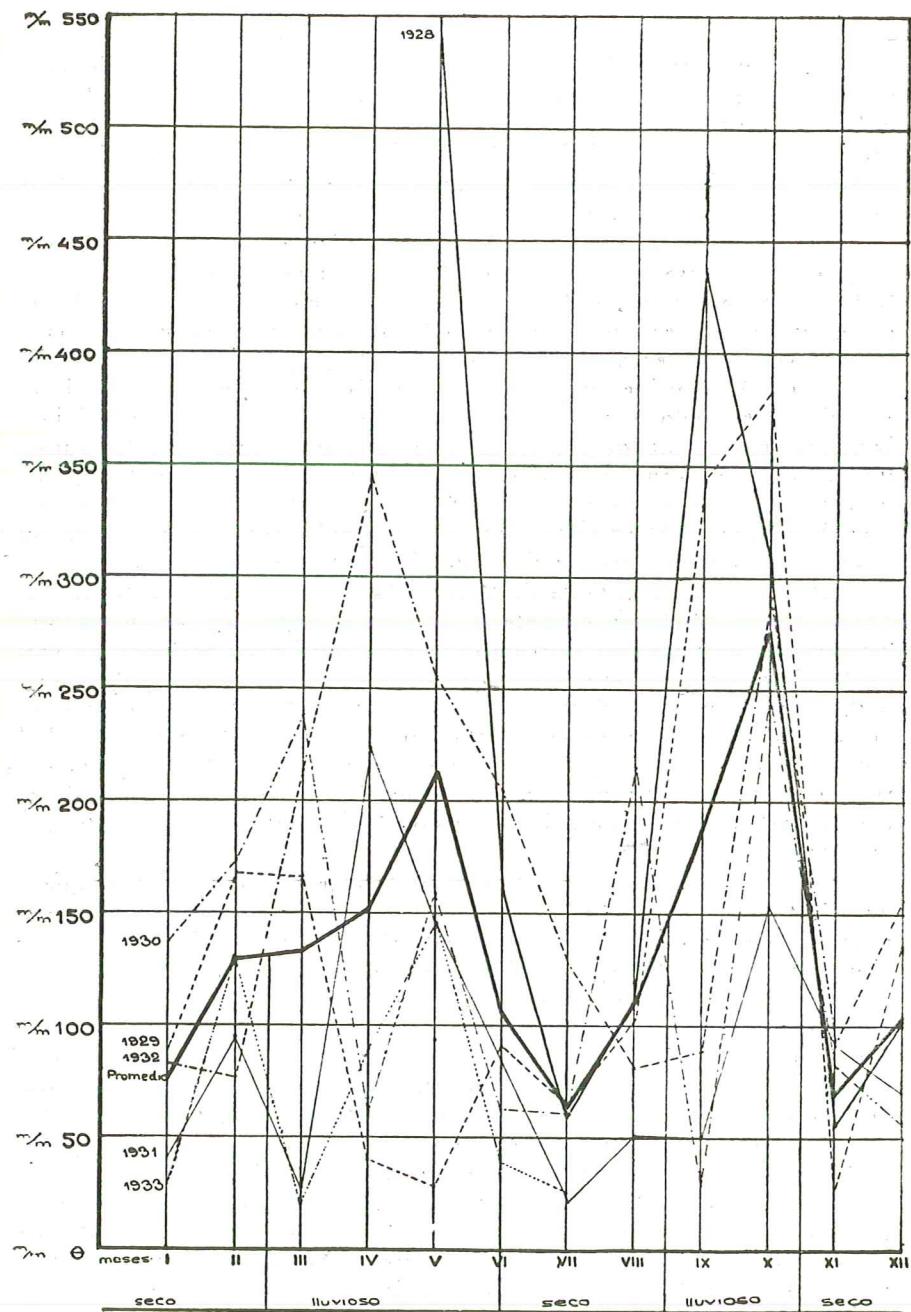
Tomando el coeficiente de desagüe de la tabla usada en Europa, para el cálculo de los caudales, para puentes, perfiles transversales para la regulación de los cursos de agua, construcciones hidráulicas, etc., ya que carecemos de datos regionales, veremos que para el suelo de regular permeabilidad e inclinación, en terrenos colinados, aplicando la fórmula de Pascher, puede llegarse a los siguientes resultados para los desagües máximos para la superficie de una hectárea: $m^3 = h \times 100^2 \times \alpha$, donde h representa los milímetros de lluvia caída durante una hora, de intensidad máxima, siendo α un coeficiente de desagüe distinto para los terrenos colinados y de llanura y para tres clases de suelos en cada uno de los terrenos: impermeable, permeable y muy permeable.

Tabla de desagüe en m^3 por hora de la superficie de una hectárea, con α para llanuras y terrenos colinados, medianamente inclinados y suelo permeable.

CUADRO N° 6

Precipitaciones máximas por hora	mm.	Bosques	Suelos cultivados	Pastoreos y prados	Rocas vivas
		$\alpha = 0,45$	$\alpha = 0,55$	$\alpha = 0,65$	$\alpha = 0,70$
Llanura de Europa Central	50	225	275	325	350
Posadas	60	270	330	390	420
Loreto	75	338	413	488	525

Puede verse en esta tabla que los bosques con h máxima igual a 60 mm., desaguan casi la misma cantidad que los suelos cultivados con h máxima de 60 mm., y a su vez, los suelos cultivados con h máxima de 60 mm., desaguan tanto como los prados con h máxima de 50 mm.; pero en lo referente al suelo cultivado, es de notar que la erosión en los suelos removidos se produce con mayor intensidad que en los prados, en los que el desagüe es mayor en un 30% en



Precipitaciones 1928 - 1933
Estación Experimental de Lorero

relación a los terrenos boscosos. Con h máxima de 75 mm., el desagüe en el bosque es mayor que en los prados en que h máxima alcanza a 50 mm., debiendo considerarse las tierras cultivadas un aumento del 30% cuando h máxima llega a 75 mm., en comparación con h máxima de 50 mm. Con h máxima de 60 mm., las rocas vivas desaguan lo mismo que los suelos cultivados para h máxima de 75 mm.

En estas comparaciones, debemos considerar que el coeficiente α no puede aplicarse sin reservas en las condiciones regionales, pues el tratamiento de los suelos de los yerbales, por ejemplo, no es igual que el de las superficies cultivadas en la agricultura intensiva de Europa y por eso, con el aumento necesario de α , en este caso el efecto de la erosión se vuelve más sensible que en los prados, debido al estado suelto de la superficie del suelo, por ejemplo, carpido o arado a poca profundidad. Los pastoreos quemados, con matas ralas de pastos duros, revelan características distintas en comparación con los prados de los países templados y pastoreos bien poblados durante todo el período vegetativo. Los bosques higrófilos subtropicales, así como el subbosque, retienen en su follaje una cantidad grande de agua de las precipitaciones.

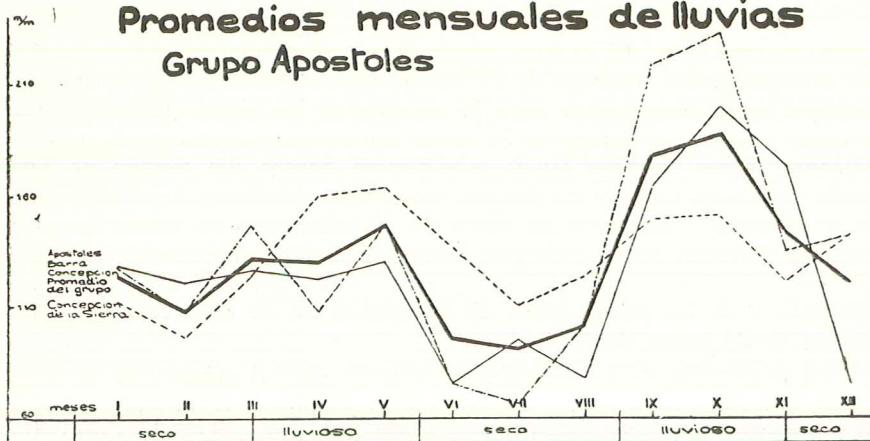
Otro aspecto importante de la cuestión, radica en el carácter de las lluvias, que en Misiones, durante el verano y el otoño, son en su mayoría torrenciales, alternándose durante el verano, con largos períodos sin precipitaciones, durante los cuales el suelo alcanza un alto grado de sequedad, otros en que durante horas y días caen lluvias sobre suelo chorreado de agua. Conviene tener en cuenta que la permeabilidad y capacidad hídrica de los suelos compactos, como por ejemplo, las lateritas en estado seco, es insignificante; aumenta con el grado de humedecimiento alcanzando cierto máximo, para bajar luego rápidamente, una vez saturado de agua.

Los caracteres de las precipitaciones locales aumentan el desagüe y los efectos de la erosión, especialmente sobre el suelo profundamente removido en los casos de chorreo y en el suelo en estado seco, en los casos de movimiento superficial por las carpidas.

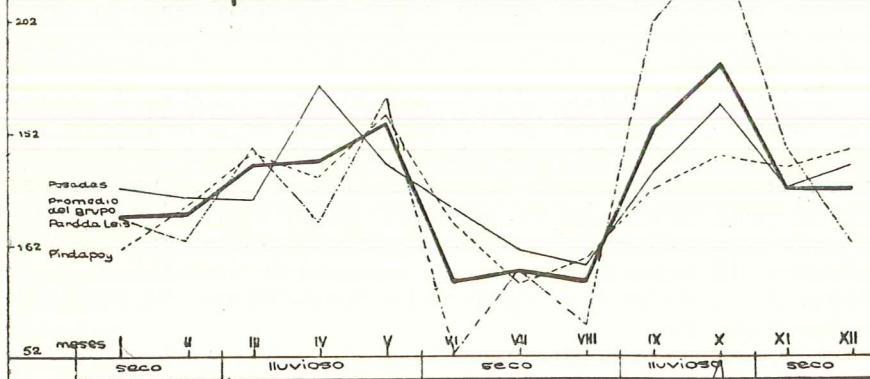
Para establecer la influencia del remojamiento por un lado y la intensidad de las precipitaciones por el otro, se ha compuesto la tabla que figura más adelante (cuadro N° 7), tabla que puede servir para evaluar el efecto erosivo de las precipitaciones en las distintas estaciones del año en Loreto. Se ha tomado como base las precipitaciones diarias mayores de 29 milímetros, que tiene el valor empírico deducido del carácter de las precipitaciones locales y de las observaciones de los efectos producidos por aquéllas. El efecto se refiere a los suelos removidos a poca profundidad según la práctica local y sobre pastoreos quemados especialmente para las categorías de los suelos rojos adhrentes, rojos sueltos y arenas rojas arcillosas.

El efecto erosivo es mayor en igualdad de las otras condiciones, en suelos poco profundos y oropédicos con la roca madre compacta o poco permeable en general y es menor en el caso de la roca madre constituida por fragmentos sueltos o permeable en general; en suelos arenosos, con reducido porcentaje de arcilla, es mayor en el caso de

Promedios mensuales de lluvias Grupo Apostoles



Grupo Posadas



Grupo Loreto

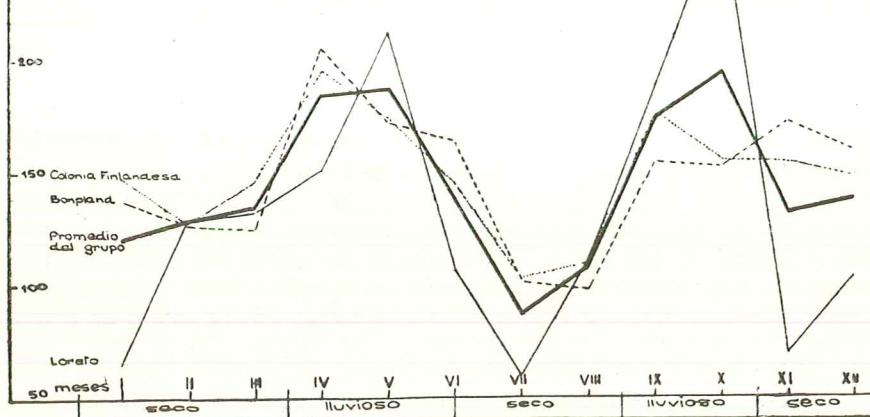


FIGURA 5

lluvias torrenciales. El criterio adoptado para apreciar el efecto erosivo con precipitaciones mayores de 29 milímetros como resulta de su carácter empírico local, corresponde para la mayoría de los casos. Esta cantidad de agua, puede caer dentro de 24 horas con intensidad moderada o insignificante, como también puede precipitarse dentro del tiempo de una media hora con carácter torrencial; estos tipos extremos de distribución no se producen. En casos de lluvia de 30 milímetros en media hora, la cantidad diaria es aumentada por lluvias de menor intensidad y por otro lado, en Loreto no han sido observadas las lluvias del carácter de las montañas y de los países fríos, de intensidad de un milímetro por hora y hasta de 24 horas de duración.

La evaluación de los factores en cuestión por el método de la suma de las unidades para α y β , es artificial y empírica, resultando así que 30 milímetros dan una unidad para α , 60 milímetros dan dos unidades y 80 milímetros y precipitaciones mayores, dan una unidad por cada 20 milímetros sobre 60 milímetros. Todo el año está dividido en dos períodos, uno con el suelo mojado y otro seco, comenzando la observación del remojamiento en el mes de mayo y la de la desecación, en el mes de noviembre.

El factor β del aumento del remojamiento, puede acelerar la erosión por "chorreo" y moderarla por la intensificación de la infiltración, así como por el comienzo del remojamiento en el período seco en los suelos compactos desecados antes de la caída de la lluvia crítica. Determinado empíricamente para la región, intervienen la frecuencia de las lluvias de cierta intensidad mínima y lluvias de intensidad diaria superior a 99 milímetros. El factor citado tiene que aumentar la erosión desde mayo a noviembre y disminuir el efecto de las lluvias torrenciales, desde diciembre hasta abril.

La intensidad promedia diaria, aunque no pueda dar la concepción exacta del carácter de las lluvias, dentro del largo período de observaciones resulta muy característica, por lo cual fué tomada como base de la deducción de los "valores del efecto erosivo".

Las observaciones pluviométricas en Loreto datan de poco tiempo, por lo que la tabla adjunta (cuadro N° 7) no da datos exactos; no obstante, permite establecer algunas características aproximadas de las estaciones anuales desde el punto de vista del efecto erosivo probable de las lluvias; se opone también a la exactitud de la tabla, el carácter de las precipitaciones regionales, bastante irregular.

Según esta tabla, resulta que el peligro probable de la erosión es mínimo en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, junio, julio y agosto, en los cuales los valores de las cifras del efecto erosivo, oscilan de tres hasta 19; es moderado en marzo o abril, porque esos mismos valores varían entre 28 y 43 y es máximo, en los meses de mayo, septiembre y octubre, porque las cifras del efecto erosivo van desde 95 a 203.

El estudio y conocimiento de la distribución regional de las precipitaciones anuales, tiene importancia práctica para prevenir los efectos de la erosión. De acuerdo con esa distribución han de efectuarse las

labores a los terrenos cultivados y ejecutarse los trabajos relacionados con las obras hidráulicas, así como los de fijación de los terrenos contra la erosión.

Los datos que hemos obtenido en la Dirección de Meteorología, Geofísica e Hidrología del Ministerio de Agricultura, se refieren exclusivamente a la parte sur de Misiones, es decir a la zona pluvial de 1.400-1.600 milímetros anuales. Figura entre esos datos Puerto Esperanza, que pertenece a la zona de 1.600-1.800 milímetros, estando casi situado sobre la línea limítrofe de esta zona con la de 1.800-2.000 milímetros; por desgracia, estos datos de Puerto Esperanza sólo representan tres años de observaciones.

Estudiando las tablas de precipitaciones mensuales, algunas de las cuales incluyen hasta 19 y 28 años de observaciones, se comprueba que en Misiones hay meses en que faltan las lluvias, lo que parece afectar casi exclusivamente a las localidades situadas hacia el extremo sur del territorio; estos meses sin lluvias, son:

CUADRO N° 8

Concepción de la Sierra .	Febrero 1906	Parada Leis, N. E. A. .	Febrero 1926
» » » » .	Octubre 1910	Pindapoy	Junio 1917
» » » » .	Octubre 1924	»	Agosto 1918
» » » » .	Junio 1925	»	Junio 1925
Colonia Finlandesa	Enero 1924	»	Junio 1926
Apóstoles	Abril 1929	»	Abril 1929

Por otro lado, es notable la irregularidad pronunciada en la distribución de las precipitaciones dentro de los límites de cada año, así como dentro de un período de años, con promedios anuales bastante elevados para producir efectos sensibles de erosión. Las amplitudes de los promedios anuales son, para:

CUADRO N° 9

Loreto	con 4 años de observaciones	1.230 - 2.020 milímetros
Apóstoles	» 3 » » »	1.057 - 2.170 »
Barra de Concepción	» 4 » » »	1.230 - 2.344 »
Concepción de la Sierra	» 22 » » »	535 - 4.219 »
Bonpland	» 22 » » »	1.030 - 2.645 »
Puerto Esperanza	» 2 » » »	1.722 - 1.782 »
Parada Leis, N. E. A.	» 4 » » »	1.146 - 2.073 »
Pindapoy	» 19 » » »	832 - 2.294 »
Posadas	» 28 » » »	910 - 2.549 »

Si ensayamos establecer estaciones secas y húmedas anuales según los datos periódicos de años de observaciones pluviométricas, encontramos cierta regularidad, dentro de la aparente irregularidad. Para este fin es más conveniente agrupar los lugares de observaciones según la situación geográfica y los caracteres de los grupos. En la tabla que figura a continuación (cuadro N° 10), se encuentran los promedios mensuales de

lluvias en milímetros para los períodos de años observados. Todos los gráficos demuestran con mayor o menor regularidad la existencia de dos culminaciones de la curva de los promedios mensuales del período con máxima, en la primavera y dos depresiones de la curva con mínima, en invierno. La excepción la constituye Puerto Esperanza, lo que probablemente debe atribuirse al breve período de observaciones.

CUADRO N° 10

Grupo de las estaciones pluviométricas	DEPRESION	CULMINACION	DEPRESION mínima	CULMINACION máxima
Loreto - Bonpland .	1 XI - 1 IV	1 IV - 15 VI	15 VI - 1 IX	1 IX - 1 XI
Posadas-Pindapoy .	1 XI - 1 III	1 III - 1 VI	1 VI - 1 IX	1 IX - 1 XI
Apóstoles-Barra de Concepción	15 XI - 15 III	15 III - 1 VI	1 VI - 1 IX	1 IX - 15 XI
Promedio para la zona pluvial 1.400-1.600	5 XI - 15 III	15 III - 5 VI	5 VI - 1 IX	1 IX - 5 XI

Conviene hacer presente que el período realmente seco es el del verano, con una duración hasta de cuatro y medio meses, con baja humedad relativa del aire y escasa humedad del suelo, aunque el total de las precipitaciones de este período sea superior al del período seco invernal; el último, con duración aproximada de tres meses, demuestra humedad elevada y constante del suelo que se aproxima a la saturación de la capacidad hídrica y la humedad relativa del aire en invierno, aunque su promedio es superior a la del verano, cambia bruscamente, como lo indicamos más adelante, al ocuparnos del invierno en Loreto.

Los períodos lluviosos en Misiones pueden considerarse de estación otoñal y de duración aproximada de tres meses, y primaveral con duración de cerca de dos meses, mostrando este último la culminación anual de la curva de las sumas mensuales de las precipitaciones. Estas dos épocas lluviosas difieren completamente. El principio de la primavera se caracteriza por precipitaciones suaves, de duración grande e intensidad moderada o insignificante. Las lluvias de otoño y de fin de primavera, en cierto grado son en su mayoría torrenciales; las precipitaciones de intensidad máxima conocida pertenecen al mes de mayo.

El invierno presenta, dentro de los grandes períodos de observaciones, tendencia a la mínima anual; pero las lluvias del invierno pueden tener también el carácter de torrenciales, por lo menos en la primera mitad de esa estación.

Para evaluar el efecto erosivo de las lluvias, en estos casos teóricamente, debe considerarse que las lluvias torrenciales caídas sobre el suelo casi seco producen mayor cantidad de desagüe por falta de infiltración inmediata. También se observan mayores arrastres de la superficie del suelo por causas de la mayor soltura de las zanjas superficiales, como consecuencia de la coagulación de los coloides del suelo por la acción de

la elevada temperatura y menor humedad en el verano. Esto se refiere especialmente a las lateritas, por lo cual las lluvias del verano significan un peligro, como también las del principio del otoño. Por la evaporación elevada disminuye algo la cantidad del desagüe, pero éste es factor insignificante, dependiendo todo de la intensidad de las precipitaciones caídas.

En invierno, la infiltración inmediata es mayor por la mayor humedad contenida en el suelo, ocurriendo otro tanto en primavera, pero cuando las precipitaciones intensas continuas pueden aumentar desfavorablemente el efecto de la erosión.

Por falta de datos de las observaciones regionales correspondientes, no puede decirse si se encuentra realmente la relación bruta establecida en Europa para terrenos llanos. La relación entre la cantidad de agua evaporada, infiltrada y desaguada, está representada, para cada una, por una tercera parte del agua caída.

A pesar de la marcada irregularidad de las precipitaciones locales, según lo expuesto anteriormente, pueden deducirse, aunque sea aproximadamente, conclusiones prácticas. Así, los trabajos relacionados con la remoción de la superficie del suelo con fines agrícolas en lugares amenazados por la erosión, tienen que efectuarse desde mediados de junio hasta fin de agosto y desde mediados de noviembre hasta fin de febrero; los trabajos para consolidación contra la erosión deben ser terminados dentro del período de mayo a septiembre para dar tiempo a que arraigue el material vivo antes de la sequía estival, pero debe tenerse en cuenta que en los meses de mayo, septiembre y octubre, pueden esperarse con gran regularidad aguas altas. Las excavaciones para construcciones hidráulicas es mejor comenzarlas a principios de los períodos secos, terminando los trabajos antes de la llegada de los períodos lluviosos antes indicados y en todo caso antes de marzo-abril, que ya resultan peligrosos por la intensidad del desagüe y la llegada de aguas altas. Deberán tenerse en cuenta los inconvenientes del invierno, por la humedad de la tierra, que dificulta su extracción por el mayor peso, sin contar el estado de las carreteras para el transporte.

Los cambios bruscos de temperatura pueden favorecer la erosión, facilitando la disgregación mecánica de las zonas superficiales de los suelos desnudos, especialmente los arcillosos, así como las rocas vivas y preparando de este modo, material abundante para el transporte por las aguas pluviales. La protección de la vegetación, especialmente del bosque, consigue moderar los cambios bruscos de temperatura. Estos cambios en el aire y en el suelo, así como las oscilaciones de la humedad relativa del aire y el grado de humedad del suelo, dificultan mucho la reforestación y la fijación vegetativa en general de los suelos erosionados, simplemente esqueletizados, subesqueletizados y eventualmente decapitados. Obsérvese en Loreto que las diferencias diarias entre temperaturas máxima y mínima, alcanzan en algunos casos hasta 27.5° C., tal como aconteció el 28 de junio de 1932 y los cambios en la humedad relativa del aire, son igualmente bruscos y sensibles y tienen relación con los virajes de los vientos del norte hacia el sur.

Las sequías en Loreto. — Desde el 9 de noviembre, hasta el 11 de diciembre de 1931, se registraron las siguientes precipitaciones y temperaturas:

CUADRO N° 12

PRECIPITACIONES		TEMPERATURAS PROMEDIOS DEL PERÍODO	
Fechas	Cantidad en mm.	En centígrados	
Noviembre 14	15,0	Temperatura máxima	29,4
» 15	13,0	» mínima	15,0
» 22	3,0	» del período	23,7
» 23	11,5		
Cuatro días de lluvia	42,5		

En el mismo período, la evaporación al sol acusaba 385,4 milímetros, y por lo tanto, el promedio diario fué de 12,4 milímetros, siendo el promedio de duración de la insolación diaria de 10 horas 41', con una máxima de 13 horas. Estos datos, agregados a una humedad relativa promedio del aire de 63,2 %, caracterizan este período como muy seco y cálido, con predominio marcado de la evaporación sobre la precipitación.

Los vientos tienen una influencia marcada en la aparición del régimen seco, pues de las 79 observaciones sobre vientos, 27 corresponden a la dirección sur, con velocidad máxima de 298 metros por minuto, vientos que en esta época del año son secos y relativamente cálidos. Por otra parte, todos los vientos del verano bajan la humedad relativa del aire en relación directamente proporcional a su velocidad y en el cambio de la dirección norte por la del sur no se producen precipitaciones, contrariamente a lo que ocurre durante el invierno.

Los datos sobre la humedad del suelo, que se indican a continuación, se refieren a otro período seco, al final del cual, el 6 de abril de 1931 a las 15 horas, se tomaron dos muestras del suelo de categoría humífera pardo forestal, de un yerbal sobre rozado de tres años; el sitio en cuestión es fresco. Los porcentajes de humedad determinados fueron:

- 1) Césped de *Digitaria sanguinalis* (L.) SCOP., después de fructificar casi seco; zona de las raíces finas, 10 a 20 centímetros bajo flor del suelo, 15,69 por ciento.
- 2) Superficie carpida, zona no removida, 10 a 20 centímetros bajo flor del suelo, 17,11 por ciento.

Los efectos de las sequías sobre la vegetación son marcados, pues afecta a la turgencia de los tejidos, destruye la brotación, provoca la caída de las hojas, paraliza el desarrollo vegetativo y hasta la vegetación xerofítica se retrasa.

DATOS PLUVIOMETRICOS RELACIONADOS AL TERRITORIO DE MISIONES ⁽¹⁾ (ELABORADOS SEGUN MANUALES MENSUALES DE LA ESTACION EXPERIMENTAL DE LORETO Y DE LA DIRECCION DE METEOROLOGIA, GEOFISICA E HIDROLOGIA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA DE LA NACION)

CUADRO N.º 11

LUGAR	SITUACION DEL LUGAR		PRECIPITACIONES ANUALES		PROMEDIOS MENSUALES														
	Latitud	Longitud	Promedio	Precipitaciones	Años de las observaciones	Periodo de las observaciones	MESSES												
			de los años	en mm.			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
DATOS COMPLETOS DE LORETO																			
Loreto	27° 19' 47"	55° 31' 28"	—	—	1928	1 año	—	—	—	—	542	160	60	113	436	307	56	102	
			1929	1642	1929	1 »	90	168	167	40	29	91	65	103	344	383	26	136	
			1930	1525	1930	1 »	137	173	238	62	159	63	61	215	29	248	83	57	
			1931	1053	1931	1 »	41	95	28	224	143	82	22	52	51	154	92	70	
			1932	2020	1932	1 »	83	77	214	345	256	205	128	82	89	291	93	156	
			—	—	1933	1 »	29	131	21	90	146	39	26	—	—	—	—	—	
			1929 - 1932	1560	1928 - 1933	6 años	76	129	133	152	213	107	60	113	190	277	70	104	
DATOS DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS SITUADAS EN LA CUENCA DEL RIO URUGUAY																			
Apóstoles	27° 55'	55° 45' 30"	1927 - 1928 - 1930	1517	1926 - 1930	5 años	128	120	127	122	131	76	95	79	164	200	173	75	
Barra Concepción	28° 5' 30"	55° 30'	1927 - 1930	1757	1925 - 1930	6 »	127	108	146	108	148	76	67	101	219	212	136	143	
Concepción de la Sierra	28°	55° 30'	1903 - 1907 1910 1912 1914 - 1926 1928 - 1929	1694	1903 - 1929	27 »	113	96	123	160	163	137	111	124	150	151	192	143	
						Promedio regional	123	108	132	130	147	96	91	101	178	188	144	120	
DATOS DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS DEL PUERTO POSADAS — PINDAPOY																			
Posadas	27° 20'	55° 55'	1903 - 1930	1541	1902 - 1930	29 años	127	123	122	173	140	120	100	94	135	166	128	139	
Parada Leis, F. C. N. E. A.	27° 35'	55° 50'	1927 - 1930	1511	1926 - 1930	5 »	114	104	145	112	167	54	91	67	202	239	148	133	
Pindapoy, F. C. N. E. A.	27° 50'	55° 50'	1912 - 1930	1472	1911 - 1930	20 »	100	118	143	133	161	113	85	96	127	143	138	146	
						Promedio regional	114	115	137	139	156	96	92	86	155	183	128	120	
DATOS DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS DEL GRUPO LORETO — COLONIA FINLANDESA																			
Loreto	27° 19' 47"	55° 31' 28"	1929 - 1930	1560	1928 - 1933	6 años	76	129	133	152	213	107	60	113	190	277	70	104	
Bonpland	27° 25' 30"	55° 30' 30"	1917 1919 1922 1927 1911 1914 - 1930	1638	1916 - 1928	13 »	138	127	125	207	174	165	102	99	156	152	172	159	
Colonia Finlandesa	20 kilómetros de Bonpland, entre Picada Sueca y Picada San Martín			1791	1911 - 1930	20 »	148	128	147	196	176	147	103	111	177	155	154	148	
						Promedio regional	121	128	135	185	188	140	88	108	174	195	132	137	
DATOS PLUVIOMETRICOS DEL NORTE DE MISIONES — PUERTO ESPERANZA																			
Puerto Esperanza	26° 5'	54° 40'		1752	1928 - 1930	3 años	258	96	110	197	162	167	76	160	201	357	137	101	

(1) En la actualidad provincia de Misiones (N. de R.)

(SEGUN MANUALES PLUWIOMETRICAS DE LA ESTACION EXPERIMENTAL DE LORETO)

CUADRO N° 7

⁽¹⁾ Intensidad: suma mensual de los milímetros de lluvias dividida por el número de días de lluvia.

(²) Factores de intensidad: a' número mensual de días con lluvias mayores de 29 milímetros.

α'' número mensual de

1.º De los días con lluvias desde 60 hasta 79 milímetros.

2º De veces de aumento de 20 milímetros sobre 60 milímetros diarios = (desde 80 hasta 99 milímetros) + (100 hasta 119 milímetros) + = 1 + 1 +

$$\alpha = \alpha' + \alpha''.$$

to del suelo: 0

⁽⁸⁾ Factores de remojamiento del suelo: β' número de casos de lluvias diarias, mayores de 29 milímetros con los días precedentes inmediatos de un día, por lo menos, con precipitaciones promedias de 15 milímetros por día, por lo menos.

El número de días de lluvias diárias, mayores de 25 milímetros con los días precedentes inmediatos de un año, por lo menos, son proporciones promedio de 10 milímetros por día por lo menos.

β''' sumas de los números:

1.º De los casos de lluvias diarias mayores de 29 milímetros

2.º De los c

$$(6) \quad \alpha_0 = \frac{\Sigma \alpha}{\Sigma \text{años}} \quad \beta_0 = \frac{\Sigma \beta}{\Sigma \text{años}}$$

cto: } (Intensidad promedia anual) $\times (a_0 + b_0)$ — para la estación del año con el suelo mojado, es decir, los meses de VI - XI.
 } (Intensidad promedia anual) $\times (a_0 - b_0)$ — para la estación del año con el suelo seco, es decir, los meses de XII - V.

Los inviernos en Loreto. — De observaciones realizadas en Loreto en el año 1931, tomamos algunos datos. La amplitud de la época de las heladas es de seis meses, esto es, desde el 6 de mayo al 10 de noviembre. La amplitud de las heladas de mayor duración y de más bajas temperaturas, comprende dos meses, del 28 de junio al 31 de agosto, con temperaturas mínimas absolutas de $-4,1^{\circ}\text{C}$. Las heladas suelen aparecer en grupos, en los cuales las más fuertes y consecutivas duran seis días cada uno de los dos grupos, esto es, desde el 23 al 27 de junio y desde el 27 de julio al 1º de agosto. Estos grupos presentan un intervalo de cerca de un mes, desde fines de junio a fines de julio, con helada blanca muy débil. Este intervalo tenía un promedio de temperatura del aire de $17,6^{\circ}\text{ C}$., con elevada humedad del suelo y del aire. El período de 15 días, precedente a las heladas, esto es, del 9 al 23 de julio, tenía $20,7^{\circ}\text{ C}$. como promedio de la temperatura del aire.

El cambio del tiempo en el invierno, marca en general la siguiente sucesión: el viento cálido del norte, de velocidad máxima hasta 365 metros por minuto, cambia por el viento sur con velocidad hasta de 285 metros por minuto. En el momento del cambio de la dirección del viento, caen precipitaciones durante uno o dos días, en cantidad de 15 a 27 milímetros. El viento conserva su dirección, entre cuatro y seis días, cesando durante el crepúsculo vespertino o a media noche. Las noches siguientes al viento son claras y calmas; a la segunda noche después de la lluvia, en la madrugada del segundo día cae la helada; ésta se repite de dos a seis noches, una tras otra, con duración máxima hasta de 6 horas. Las temperaturas mínimas representan curvas con la depresión más o menos en el centro del grupo de las heladas.

Los últimos días de cada grupo de heladas de las madrugadas, revelan grandes amplitudes entre la temperatura máxima y temperatura mínima diarias, las cuales alcanzan hasta $18,4^{\circ}$ y $27,5^{\circ}\text{ C}$. juntamente con el cambio de la dirección del viento y el descenso de la temperatura promedia diaria, la humedad relativa promedia diaria baja rápidamente en uno o dos días con una diferencia total de 21,5 a 50,7 %. La temperatura promedia diaria baja al día siguiente al cambio de dirección del viento, con una diferencia hasta de 11 grados centígrados.

CUADRO N° 13

AMPLITUD DE LA TEMPERATURA MAXIMA Y MINIMA EN LORETO

DATOS DE LOS AÑOS 1928, 1929 Y 1932

Diferencia entre temperatura máxima y temperatura mínima dentro de las 24 horas				Temperaturas máximas y temperaturas mínimas absolutas, mensuales			
Año	Fecha	Grados	C.	Año	Fecha	T. máx.	T. min.
1928	octubre	14	20,0	1928	mayo	31,0	1,0
	octubre	24	20,2		junio	27,0	-1,0
	noviembre	9	19,4		julio	27,4	-4,0
	diciembre	30	20,8		agosto	29,2	0,0
1929	abril	2	22,2	1929	septiembre	28,8	8,6
	abril	4	21,0		octubre	33,4	8,0
	abril	5	20,0		noviembre	36,0	8,2
	junio	1	21,0		diciembre	38,2	11,0
1932	junio	2	21,6	1929	enero	37,4	12,0
	junio	19	22,2		febrero	37,2	15,4
	agosto	5	21,8		marzo	36,0	5,0
	septiembre	1	20,9		abril	31,0	6,0
	junio	28	27,5		mayo	29,0	-3,5
					júnio	28,0	-4,0
					julio	28,0	1,8
					agosto	33,8	-1,2
					septiembre	30,0	5,0
					octubre	3,8	6,0

Los datos absolutos del año 1933, dan para el termómetro de máxima con bulbo negro, más de 72° C. (el termómetro tiene solamente 72° C.) y para el termómetro de mínima colocado a 20 centímetros sobre el césped, sin protección contra la irradiación, indicó $-9,5^{\circ}$ C.

CAUSAS GENERALES DE LA EROSION

El crecimiento vigoroso de la vegetación espontánea de los subtropicos húmedos es un poderoso factor que casi excluye completamente la posibilidad de erosión en Misiones y puede detener desde su principio, el fenómeno iniciado o casualmente aparecido. Esto vale para ciertos y determinados lugares donde se produce el quebrantamiento ocasional del equilibrio entre los factores relacionados con el proceso erosivo, tales como el arrastre de las orillas por acción de los arroyos o derrumbamientos y deslizamientos en terrenos muy inclinados.

Por eso, todos los casos de erosión en Misiones, pertenecen al proceso secundario y tienen carácter antropógeno, relacionados con la destrucción de los conjuntos vegetales naturales y con el tratamiento impropio de estos terrenos despoblados de la vegetación primitiva, lo que equivale decir, del cambio de los factores del ambiente. En primer término, las transformaciones de este género producen consecuencias inmediatas que se vinculan con la intensidad de la erosión, cambiándose bruscamente la relación entre el agua pluvial evaporada, eventualmente retenida por las partes aéreas de la vegetación, agua infiltrada y el desagüe superficial según la inclinación del terreno. Este cambio resulta favorable a la cantidad del desagüe. En segundo término, aparece la degeneración del suelo, desaparece el humus y disminuye la capacidad hídrica y poder de infiltración, condiciones que son favorables al aumento del desagüe.

Además de la erosión local, es decir, del perjuicio que las aguas pluviales producen sobre la integridad de la superficie desprovista de la vegetación primitiva, se produce el régimen torrencial de los arroyos y ríos según el grado de despoblación y comienza la erosión por los efectos de los cursos de agua. En los terrenos de la Estación Experimental de Loreto pueden verse relictos de torrentes actualmente consolidados por el bosque, procedentes de los cultivos del tiempo de los jesuítas.

Lo que se ha mencionado se refiere a los desmontes perjudiciales e inútiles que se realizan sin el aprovechamiento de la fertilidad de las superficies despobladas, o que para decir más propiamente, sólo son aprovechadas en escala insignificante y en forma irracional. En efecto, el provecho que de ellas se saca no cubre ni en mínima parte las pérdidas del capital que representan la fertilidad que se pierde y la masa viva de madera que se destruye, sin contar que se alejan las posibilidades de repoblación del monte en condiciones favorables.

El factor psicológico del hombre juega un papel importante en el desarrollo de la erosión; se forja en la imaginación de los agricultores, la impresión de la inagotable fertilidad del suelo, como resultado de la simple observación de la producción de los "rozados" recientes, en los cultivos de los dos o tres primeros años, así como por la exuberancia

de la vegetación natural. Refuerza esta impresión el aspecto de vastas selvas vírgenes sobre colinas rocosas con apariencia de ser estériles; la vegetación transitoria de los "rozados" y capoeras cuya altura en los primeros años puede alcanzar hasta cuatro metros y suelos abandonados después de un corto período de cultivo o pastoreos, repoblados rápidamente por inmensos "chircales" hasta de cinco metros de alto. Desconoce que la fertilidad de los suelos oropédicos humíferos está ligada al medio estacional boscoso y desaparece rápidamente después del desmonte. Es un convencimiento arraigado en el agricultor primitivo, que su mayor enemigo es la vegetación natural y que la principal medida para asegurar la producción de las plantas cultivadas es destruir aquélla por todos los medios y en primer término, por el fuego. Esta destrucción no se limita comúnmente al lugar del cultivo propiamente dicho, sino también a toda la superficie que contenga material seco para iniciar la quema. No se atribuye importancia a que, en lugar de los conjuntos vegetales establecidos, los substituyen abundante, inútil y dañosa vegetación transitoria de malezas en gran parte espinosas.

Los colonos acostumbrados a una agricultura primitiva en los suelos y bosques vírgenes, donde unos y otros tienen poco o ningún valor, abandonan los lotes agotados por la erosión acelerada por las quemas sistemáticas y por la descomposición rápida del humus del suelo, debido a la insolación y aireación, favorecidas por el desmonte. Abandonados los suelos esterilizados, los colonos nómades buscan nuevos lotes "frescos" de "tierra de monte". El ingeniero agrónomo ADOLFO FURNUS, refiriéndose a esta práctica dice: "Encontré un colono intruso en la Colonia Bonpland, que hubo rozado en 18 años de residencia, 75 hectáreas de monte virgen, es decir, más de cuatro hectáreas por año, para plantar un poco de tabaco, un poco de maíz y un poco de porotos, en una extensión que apenas alcanzaba a una hectárea. Este intruso, que no tenía solicitada la tierra cuyo monte había destruido, me expresó que cuando terminara esa última fracción de rozado en monte virgen que estaba haciendo ese año, se internaría en otros montes fiscales porque ya no tenía más monte virgen a su alrededor, para nuevos rozados."

En terrenos casi sin vestigios de erosión producida, en suelos con profundidad bruta de más de un metro, el restablecimiento completo del ambiente boscoso en un caso exactamente establecido en Loreto, necesitó de 25 a 29 años; por esto, en los terrenos erosionados, oropédicos y de profundidad menor de un metro, aumenta el tiempo de restablecimiento en un lapso doble, por lo menos y este período de 50 a 60 años, puede aceptarse solamente en el caso que la erosión no se produzca posteriormente y no se efectúen ni quemas ni pastoreos. En caso contrario, aparecen prados pobres y pedregosos a los cuales conviene denominar con el nombre apropiado de semidesierto.

Los colonos errantes indudablemente consiguen resultados rápidos en su tarea de devastación de los suelos y bosques de Misiones, especialmente en las porciones colinadas. La única ventaja de esta obra de devastación, si ventaja existe, reside en que en su mayoría esta actividad no es sistemática, aunque en algunos casos alcanza la importancia de

un sistema, sobre todo si está vinculada con la crianza de ganados, aprovechando con estos terrenos semidevastados que destinan al pastoreo, que queman en todas las oportunidades.

La introducción de la ganadería en Misiones es una causa importante de erosión sobre considerables superficies y con extensión rápida, pues la región es poco apta para este ramo de la economía rural, tanto por su clima como por la configuración del terreno. A este respecto, C. L. FORSTLING, refiriéndose al problema de la protección del suelo, expresa que "en los pastoreos excesivamente utilizados, no solamente se produce erosión con pérdida de los elementos químicos arrastrados por las aguas, sino que hay una pérdida lenta pero segura de la fertilidad". En Misiones, con sus particularidades climáticas a las cuales se ha hecho referencia y con las quemazones, el efecto desastroso resulta extremadamente intensivo.

Por otra parte, la infección de los animales vacunos por parásitos y la devastación y degeneración de los pastoreos por la erosión rápida en el clima regional, hacen que este ramo de la explotación del suelo sea poco justificado económicamente.

La transformación de los terrenos boscosos, en muchos casos con bosques de primera calidad y con suelos vírgenes humíferos aunque de poca profundidad, en pastoreos mediocres, destinados a mantener algunas decenas de vacas llenas de uras (*Dermatobia hominis*, Soy.) y de garrapatas, se considera como una gran victoria del agricultor sobre el monte virgen.

No pueden discutirse los efectos económicos de esta transformación, cuando se estudian los cambios posteriores debidos a la erosión en semejantes terrenos continuamente quemados. El ingeniero Furnus refiere "el área del cuadro desolador, que presentan algunos lugares que hace 15 años eran cubiertos de selvas vírgenes. Quien penetra —agrega— por las Colonias Fiscales del territorio verá muchas laderas de cerros, antiguos rozados, que conservan todavía alguno que otro tronco de madera dura que ha resistido la acción del tiempo en medio del desierto de piedra; de la Estación de Loreto se ven los contrafuertes de la Cordillera Central de Misiones en dirección S. SE. en la Colonia Bonpland, completamente desnuda de montes y abandonado el cultivo."

En las condiciones regionales, la creación de prados y pastoreos en gran escala en el lugar de antiguos bosques, va siempre aparejada con la degradación y desvalorización del suelo. Sin embargo, la actividad agrícola de los colonos nómades tiene una faz menos grave, pues estos colonos intrusos, como tienen la posibilidad de elegir la tierra, por lo general eligen lotes llanos con suelos de suficiente profundidad bruta. A veces pueden encontrarse rozados sobre terreno inclinado de 20 a 50 % y sobre suelos oropédicos ricos de humus, casos en los cuales el cultivo no dura más de un año; son frecuentes los lotes rozados sobre pendientes del 15 al 20 %, situados sobre aluviones fijados por la vegetación arbórea; en muchos casos se tiene más en cuenta la facilidad del desmonte que la fertilidad durable del suelo. En este

caso, el método usado por los colonos nómades en bosques vírgenes, consiste en dejar en pie todos los árboles gruesos, cortando y quemando el subbosque y repoblación natural, especialmente de tacuapi; los árboles gruesos, quedan parados, pero muertos y se cultiva el suelo entre los árboles. El cultivo del lote elegido no dura largo tiempo y la remoción del suelo por el mismo es generalmente nula o primitiva en su forma, por tratarse de sembradíos de maíz o de plantaciones que no reciben carpidas y la superficie del suelo permanece así casi intacta, con lo que el trabajo de la erosión se reduce.

En cambio, en la explotación de los yerbales grandes y en los lotes sometidos a diversos cultivos por los colonos europeos, muy laboriosos y celosos del estado de limpieza de sus cultivos perennes, se realizan frecuentes labores, que favorecen en alto grado los efectos de la erosión, prácticas agrícolas que siendo perfectas para otras regiones resultan en el ambiente de Misiones muy perjudiciales.

Los grandes yerbales ocupan generalmente considerables superficies y aunque la configuración del terreno sea muy distinta, se cultivan con criterio uniforme; resulta así que en el desarrollo de las labores al suelo, se practican carpidas rigurosas y araduras en dos sentidos, especialmente en el de la pendiente máxima, aplicadas a los terrenos con inclinación variable y sobre laderas largas, tienen por efecto la devastación pronunciada de estos terrenos. Hacen excepción las faldas con suelos turbosos, especialmente grises, sobre los cuales no crece la vegetación arbórea en general y especialmente la yerba mate; también se excluyen los suelos oropédicos que comienzan a erosionarse inmediatamente después del desmonte.

Entre las causas que tienen un importante papel en el origen de la erosión en gran escala, figura la destrucción de los bosques. La explotación irracional del bosque que tanto perjudica en otros países, no puede ser tomada en consideración en Misiones, pues los bosques higrófilos subtropicales de composición muy heterogénea, se aprovechan eligiendo los árboles separados de esencias de valor comercial actual, cuyo número es muy limitado. Como resultado de esta clase de explotación, el conjunto montuoso desvalorizado por la extracción completa de las esencias valiosas y de individuos de buena forma, sin dejar en algunos casos ninguna planta madre, no deja de ser "monte" con todas sus particularidades benéficas sobre la conservación y fijación de la superficie terrestre con regulación del desague.

La circunstancia más grave que puede señalarse, es la posible desaparición de las regiones boscosas de Misiones, pues los terrenos boscosos fiscales que quedan, no representan *bosques fiscales*, pero sí las reservas para la colonización y por lo tanto, están destinados a ser repartidos entre los colonos en pequeñas parcelas con todas sus partes aptas e ineptas, de terrenos forestales absolutos, muy inclinados, oropédicos, etc. Según la Memoria de la Dirección General de Tierras, correspondiente a 1928, al final de ese año quedaban 626.353 hectáreas de terrenos boscosos fiscales. Estos terrenos están ya parcialmente desmontados y según los

últimos datos recogidos, en los terrenos fiscales existen 10.000 colonos intrusos, es decir que ellos desmontan sin permiso previo, ni haber solicitado la concesión del terreno explotado, ya que en su mayor parte pertenecen a la categoría de *colonos nómades*. Que estos bosques, una vez hecho el parcelamiento de la tierra no han de ser conservados, dentro de los pequeños lotes, es fácil prever y coincide con la práctica forestal de los distintos países, y, como lo hemos puesto en evidencia, se destruye el bosque que aun no es de propiedad, para efectuar cultivos agrícolas anuales o plantaciones de yerbales.

Como causas de menor importancia en el avance de la erosión en Misiones, cabe mencionarse al pastoreo en el monte cuyo efecto es el empeoramiento del sitio forestal, sin provocar la formación de los torrentes. Asimismo, los perfiles defectuosos de las carreteras, trazadas sin regla alguna, siguiendo líneas más o menos rectas, cortando a veces los terrenos muy ondulados, son favorables a la acción erosiva. Falta en los caminos la sistematización de los desagües ejecutados técnicamente, aunque con frecuencia se efectúan trabajos de conservación. Como resultado de estas deficiencias, se observa a menudo la transformación de los caminos en torrentes peligrosos que constituyen una amenaza para los terrenos vecinos.

Para concluir el presente capítulo, repetiré nuevamente que el progreso de la erosión en Misiones depende de las tres causas principales siguientes:

- 1) Aprovechamiento de los *terrenos forestales absolutos*, por la agricultura y la ganadería, es decir aquellos terrenos que según su situación, inclinación y perfiles edáficos pueden dar mayor y más durable rendimiento bajo la explotación silvícola, una vez que los bosques sean debidamente administrados.
- 2) El tratamiento técnicamente impropio de los suelos aptos para la agricultura.
- 3) La introducción en gran escala de la ganadería en Misiones, con tratamiento técnicamente impropio de los pastoreos.

Generalmente no se les acuerda toda la importancia que tienen estos factores, principalmente el primero y segundo, en la economía regional.

CARACTERES Y MAGNITUD DEL PERJUICIO QUE OCASIONA LA EROSION

PASTOREOS

Suelos arcilloarenosos. — Se han indicado ya que el mayor efecto erosivo puede observarse en los suelos arenosos y especialmente, donde se practican las quemas. Por el incendio y el pisoteo de los animales se destruye fácilmente la delgada capa de detritos orgánicos y humus, elementos éstos indispensables porque son los que con el tiempo, fijan la superficie de estos prados arenosos al estado natural.

La erosión suele producirse en forma de escalones o terrazas, en manchas desnudas. Resisten a las quemazones solamente ciertas especies de pastos duros que forman matas y palmeras enanas (*Diplothemium campestre*, MART. y *Cocos spsp.*) bastante distanciadas, entre las cuales se observan superficies de arena casi suelta, porque lo primero que arrastran las aguas, son las partículas arcillosas. Estas arenas arcillosas no son tan permeables como las arenas puras, lo que favorece el desagüe superficial.

Los surcos de concentración de las aguas pluviales se transforman rápidamente en cañones pequeños, acelerando el proceso general erosivo. En algunas partes pueden observarse carcavones de 0,5 a 0,7 metros de ancho y hasta dos metros de profundidad, es decir, pequeños cañones. La forma del cañón estrecho con paredes verticales se conserva así hasta la profundidad de dos metros, y la profundización posterior provoca el derrumbamiento de las orillas según rajaduras paralelas al eje del cañón, cuando la coherencia del material no resiste la fuerza de la gravedad que crece con el aumento de la altura de las paredes de las orillas. La inclinación del terreno, de 9,6 % y la falta de vegetación protectora en las partes adyacentes, favorece la acción erosiva.

Por lo dicho, puede establecerse que con la práctica regional del pastoreo, el arrastre empieza en los terrenos con inclinación de 3 % y largo total del desagüe de 100 metros.

Lateritas y suelos rojos sueltos. — La viscosidad de las lateritas es elevada, especialmente en la zona de la "costra ferruginosa"; lo mismo puede decirse de los suelos rojos sueltos decapitados, porque en los pastoreos tratados según la costumbre regional, siempre se observa ausencia parcial o completa de la zona edáfica superior humífera. Por otra parte, los incendios continuos, ya sea por el calor, por la producción de cenizas, por la destrucción del humus y los detritos orgánicos y porque el suelo se halla desnudo de vegetación en el período seco, favorecen la coagulación de los coloides, dejando una capa superficial delgada, de consistencia suelta; esta capa, conjuntamente con la ceniza, ofrece siempre el material preparado para el arrastre.

FORMACION DE LOS CARCAVONES

Perfiles transversales

Escala: 1 : 50

..... Nivel de las aguas torrenciales

.... Superficie antigua del terreno arrastrado

Número
de los
perfiles

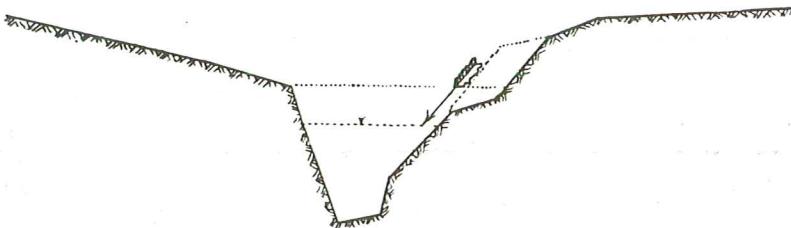
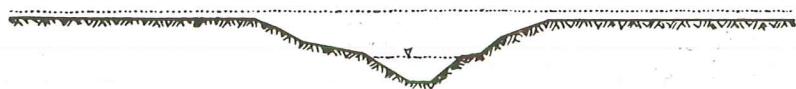


FIGURA 6

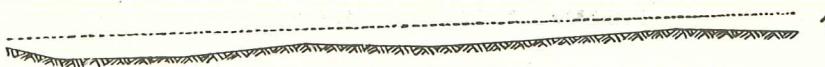
FORMACION DE LOS CARCAVONES

Perfiles transversales

Perfiles arrastrados en m. ²	—	Número de los perfiles
2,68		1
	Surcos producidos por la erosión en un yerbal actualmente degenerado y abandonado (Loreto). Suelo pardo forestal de un metro y más de profundidad bruta.	
1,43		2
1,90		3
	Surco típico de un yerbal de 17 años de edad en suelo rojo suelto, en Loreto.	
1,42		4
	Cauce del arroyo torrencial en una cuenca desmontada y explotada bajo pastoreo. Hacia el lado derecho, con línea punteada y flechilla, está marcado el deslizamiento de la orilla. Suelo rojo suelto aluvial.	
1,38		5
	Surcos provocados por la erosión en los caminos de herradura en suelo pardo oropédico.	
1,66		6
	Perfil longitudinal esquemático	7
	Escala 1 : 1000	
	Correspondiente a los perfiles transversales N° 5 y 6.	

Perfiles transversales - suelo rojo suelto

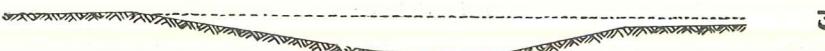
1:20



1



2

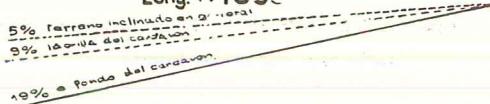


3

Perfil longitudinal esquemático

Alt. 1:100

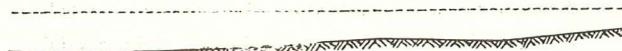
Long. 1:1000



4

Perfiles transversales - suelo o. enoso

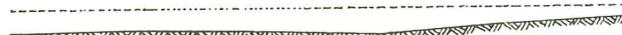
1:20



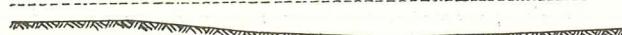
5



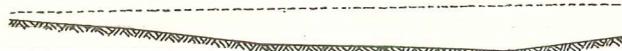
6



7



8



9

Perfiles de la erosión en los yerbales

En Loreto se ha observado que en tales condiciones el arrastre alcanza hasta dos centímetros como promedio anual, con afloramiento de piedras.

Lo que aumenta enormemente el efecto de la erosión superficial, es el movimiento intenso de los animales en las porciones recientemente quemadas, en busca de tallos tiernos del rebrote de las matas de pastos duros como *Andropogon paniculatum* KTH., *A. bicornis*, *A. lateralis*, *Axonopus itidaceus* (MEZ) HITCHE, *Paspalum quadrifarium* LAM., etc.

Los datos siguientes corresponden a los efectos de la erosión en los suelos rojos sueltos de Loreto destinados al pastoreo y frecuentemente quemados.

Suelo de profundidad media de un metro, con inclinación de 9.6 % y un largo total de desagüe de 75 metros; el arrastre comienza con el desagüe desde los 28 metros. Se observa excesiva concentración y movimiento de animales.

Suelo de profundidad bruta menor de un metro. No sufre mucho por las quemas, por escasez de matas altas de pastos duros y abundancia de pastos bajos con estolones. Inclinación 9 %, largo total del desagüe 230 metros. La concentración de las aguas pluviales no se produce. La degeneración del sitio vegetal es bastante pronunciada así como el efecto erosivo, por afloramiento de pedregullo o "itacurubi".

En un suelo rojo suelto aluvial, de cuenca limitada, se observa actualmente la erosión acelerada del lecho del arroyo temporario torrencial. Por distintas razones, se puede afirmar que antes tenía bajo la vegetación arbórea cerrada, manantiales y arroyos de carácter permanente o casi permanente.

La inclinación total del fondo del lecho del torrente principal es de 7,9 %. Los cambios bruscos de los caudales, con rapidez del desagüe aumentado de la cuenca, produjo el quebrantamiento del equilibrio entre los caudales y perfiles longitudinales y transversales del cauce. La profundización intensa del fondo, produce numerosos deslizamientos y derrumbamientos de las orillas, según se ilustra en el perfil 4. de la figura 6. Este perfil es típico para esta parte del torrente y demuestra una velocidad de 3,6 metros por segundo, calculada con

la fórmula de Chezy-Basin, donde $V = R \sqrt{\frac{I}{aR + \beta}}$ usando como coeficiente del frotamiento y carácter de la superficie del lecho: $\alpha = 0,00028$ $\beta = 0,00035$, siendo R = radio hidráulico e I la inclinación del perfil longitudinal en por ciento.

En parte con rocas vivas en subestrato se observan la denudación de estas rocas, cuyo afloramiento producido por la acción del arroyo se extiende rápidamente, revelando las particularidades regionales de la erosión en los pastoreos, donde el arrastre más intenso empieza en las partes más bajas.

De acuerdo con las particularidades señaladas, puede establecerse para la acción erosiva sobre pastoreos tratados según la práctica regional en suelos rojos, que los terrenos con inclinación hasta 7 % con desagües

que no pasen de 100 metros, se encuentran intactos. Las pendientes más largas suelen producir la concentración de las aguas pluviales con formación de surcos que se transforman en carcavones ramificados y la consiguiente denudación del subestrato en las partes bajas, por la acción de la velocidad de la corriente, de tres metros por segundo.

Suelos pardos. — Estos suelos son más permeables y de mayor capacidad hídrica pero generalmente tienen poca profundidad bruta y están situados sobre los subestratos impermeables de rocas vivas e "itacurubí" compacto, a veces cementado. El arrastre por la acción erosiva produce en estos suelos la transformación completa y desfavorable del sitio vegetal, siendo más sensibles semejantes consecuencias en el tipo oropédico. Daremos algunas referencias según observaciones.

Sobre los pastoreos artificiales formados en el lugar de bosques incendiados, como ocurre en Pastoreo Chico, San Ignacio, puede observarse el efecto desastroso de los incendios reiterados y del continuado pastoreo, que determinan la formación de manchas desérticas que aumentan de extensión, sobre rocas vivas y pedregales desnudos y los datos recogidos permiten afirmar que en 15 años ha desaparecido por completo el suelo del monte. Para explicar la génesis de este proceso, es característico el comienzo de la erosión en las vías de la concentración de las aguas pluviales, precisamente en lugares donde, bajo la protección del bosque, se observa la acumulación de los aluviones.

Las observaciones revelan las relaciones entre el largo del desagüe, en el por ciento de inclinación y el efecto erosivo. Un lote en Loreto, con suelo del tipo oropédico, cubierto por matas de pastos duros (*Paspalum quadrifarium*, *Axonopus iridaceus*) y parcialmente de chirca (*Baccharis dracunculifolia*), inclinado en 9 % y con largo de desagüe de 40 m., demostró un efecto pronunciado de la quema ocasional, pues estando cercado, no se quema ni es aprovechado en pastoreo. Por una lluvia de 34,5 milímetros caída el 24 de noviembre de 1933, doce horas después del incendio, fué arrastrada una capa de espesor promedio de un centímetro del suelo, con toda la ceniza; desapareció por completo, por efecto de la quema y el arrastre por el agua, un delgado mantillo de detrito orgánico. Este efecto no se produjo en otras partes, bajo las mismas condiciones; pero esta lluvia no produjo, en general, un desagüe marcado.

En otro lote en Loreto, con suelo pardo forestal de profundidad bruta de un metro y más, con inclinación de 9 % y largo del desagüe de 60 m., actualmente no demuestra arrastre. Los vestigios de la erosión comenzada y paralizada en su evolución, pueden observarse en forma de afloramiento de piedras de tamaño pequeño y vías de concentración de las aguas pluviales. Hace diez años que este lote fué arado y plantado con pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) y después durante todo el tiempo explotado con pastoreo no muy recargado de animales ni quemado. El pasto elefante, por la acción del pastoreo, desapareció hace seis años y la superficie se halla actualmente ocupada por pastos duros en matas ralas con la vegetación herbácea baja entre matas y chirca (*Baccharis dracunculifolia*) en el piso superior.

En Loreto, una fracción de campo con suelo oropédico inclinado en 36,4 % con un largo del desagüe de 50 metros, quemado continuamente y explotado con pastoreo, presenta matas de pastos duros (y también *Erianthus Trinii* NEES y *Sporobolus elongatus* RBR.) sobre bancos de tierra hasta de 30 centímetros de altura fijados por las raíces, que corresponde a la profundidad del arrastre total en un período de tiempo no establecido. Se observa el fenómeno del chorreo y el desplazamiento del material superficial en estado mojado. Bajo el bosque distanciado 45 metros en todas las condiciones semejantes el perfil edáfico se encuentra intacto con cubierta seca, mantillo y zona humífera delgada de 5 a 10 centímetros en total no arrastrados, observándose repoblación natural del anchico colorado y el curupay. Este último lugar difiere del primero por los siguientes factores favorables: menor movimiento de los animales por falta de la cubierta vegetal viva en la sombra del bosque, preservación de los incendios y por la protección del bosque.

En Loreto, en suelo oropédico con inclinación de 21,6 %, con un largo total de desagüe de 100 metros, quemado y frecuentado por animales, revela signos inequívocos de erosión, por el afloramiento de piedras de tamaños medianos y grandes, sobre toda la superficie. Del mismo modo, un suelo de profundidad bruta menor de un metro y en parte oropédico con 3,5 % de inclinación, de subestrato muy poco permeable, con 100 metros de largo del desagüe, no revela signos marcados de erosión; está cubierto por las hierbas con rizomas y estolones (*Arachys prostrata*, *Axonopus compressus*, *Paspalum notatum*), esta parte es frecuentada por los animales, pero no es quemada. La erosión, por la concentración de las aguas, comienza con el desagüe de 120 metros.

De todas las observaciones hechas, puede deducirse, generalizando, que la erosión empieza a ser marcada en las condiciones de los pastoreos regionales en los suelos pardos forestales desde 5 % de inclinación y 100 metros de largo del desagüe. En las pendientes mayores se observa formación de vías de desagüe.

Las pérdidas más serias de la integridad del perfil, la sufren estos suelos inclinados en los primeros años de la formación del pastoreo por el modo ya descripto. En estas condiciones, los suelos inclinados hasta el 10 % pierden anualmente, por lo menos, un promedio de dos centímetros de su capa fértil humífera.

Cultivos anuales. — El método usado para medir el arrastre fué apreciar el espesor de la capa desaparecida, por los vestigios de la primera quema de rozados recientes. En este caso prestan señalado servicio las palmeras pindó (*Cocos Romanzoffiana*) porque sobre sus raíces adventicias son bien visibles las marcas de la quema que se conservan largo tiempo. En otros casos, se hace necesario tener los perfiles transversales de partes de las pendientes.

Para que se aprecie en toda su importancia el carácter y magnitud de los perjuicios, citaremos algunos ejemplos de las numerosas observaciones realizadas.

En Eldorado, de suelo rojo suelto con capa humífera desarrollada, se comprueba un promedio de arrastre de 7 centímetros para toda la

superficie después de un lapso de cuatro años de la tala del monte y con zanjas hasta de 26 centímetros de profundidad; actualmente se producen sistemas de surcos hasta de ocho centímetros de profundidad en un año. Este caso es bien demostrativo de los graves perjuicios que produce el cultivo muy intensivo.

La inclinación máxima es de 14,1 % y la inclinación de los surcos formados en el último año por arrastre debido a la acción del arado de discos, con dirección en ángulo agudo respecto a la pendiente máxima, varía entre 10,8 y 11,1 %. Dentro de los cuatro años mencionados, fué quemado el rozado y comenzó la rotación del cultivo anual, interviniendo maíz, tabaco y vigna catjang; esta última se entierra después de la cosecha de las vainas, empleando arado de discos. En otra ladera de la misma hondonada ocupada con los mismos cultivos, se observa el mismo efecto erosivo con un promedio de 11,4 % de inclinación y un largo total del desagüe de 85 metros.

PERFIL LONGITUDINAL

Escala 1 : 1000

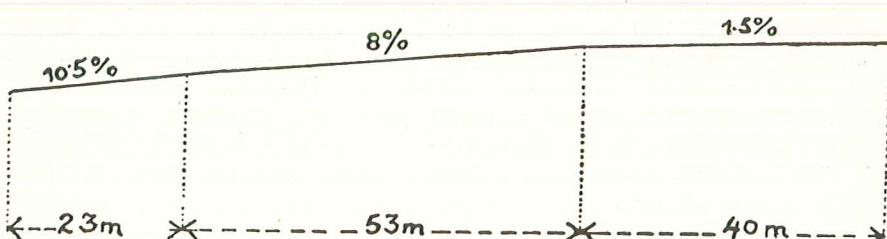


FIGURA 8

Por otra parte, rozados recientemente quemados, revelan a veces la aparición de zanjas hasta de 20 centímetros de profundidad, con 7 % de inclinación y 200 metros de largo de desagüe en suelo rojo suelto. Pero rozados no quemados, siendo las otras condiciones las mismas, demuestran un grado mucho menor de erosión. Como ejemplo puede citarse el caso de un lote cultivado y sembrado con maíz durante tres años sobre un rozado no descepado, en suelo pardo poco profundo, que fué quemado, arado y cruzado y luego se aporcó el maíz. El arrastre total se estima en 7,5 centímetros, lo que da un promedio de 2,5 centímetros por año, observándose ya el afloramiento de piedras, la desaparición de humus y la presencia de zanjas de 20 a 25 centímetros de profundidad, la pendiente de esta fracción de campo es variable, con un largo total de desagüe de 116 metros.

Aun cuando el cultivo del maíz se desarrolla bien todavía, es de advertir que la erosión aparece en la parte del perfil con 8 % de inclinación y puede pronosticarse la desaparición acelerada de la fertilidad

del sitio, porque el proceso erosivo ha entrado en la fase de la formación de las vías de desagüe. Del presente caso puede deducirse, con relación a numerosas otras observaciones, que en suelo bien permeable en el total de su perfil, la aradura profunda puede disminuir la erosión, mientras que la carpida superficial la acelera y especialmente en los suelos más compactos; además, tiene importancia la época del removimiento y el carácter de las lluvias.

Por otra parte, el modo de quemar sistemáticamente las malezas secas en la práctica de los cultivos anuales, favorece mucho la erosión superficial. Las quemas en la agricultura extensiva pueden justificarse solamente como un medio de destruir el poder de regeneración de las cepas de los árboles, lianas y arbustos y un tratamiento intensivo del terreno, supone la extracción de las cepas. Las quemas sistemáticas obligan al agricultor, debido a la acción de la erosión acelerada, cambiar de lote por otro nuevo recién desmontado, después de tres o cuatro años de cultivo.

Resumiendo las observaciones de todas las condiciones señaladas, puede establecerse que la erosión producida por las labores que requieren los cultivos anuales, comienza a hacerse evidente cuando el largo del desagüe es de 100 metros y con pendiente de más de 2 % en suelos arenosos, más de 4 % en los suelos pardos forestales y más del 5 % en suelos rojos sueltos y lateríticas.

Plantaciones arbóreas y especialmente yerbales. — El método usado para medir la magnitud del arrastre del suelo, consiste en establecer el nivel antiguo de la superficie lavada basándose sobre la configuración general del terreno y la profundidad de las raíces de las plantas arbóreas y el aspecto del cuello en el tronco; en algunos casos favorables puede utilizarse la forma descripta para el estudio de las cepas de rozados y plantas de "Pindó".

En esta evaluación, deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones:

- 1) El período entre el desmonte y la realización de la plantación, produce un arrastre promedio de dos centímetros.
- 2) Según la práctica regional, los plantones de yerba mate se plantan a una profundidad de dos a tres centímetros mayor que la que tenía en el vivero.
- 3) Las primeras raíces laterales de yerba mate en estado cultivado se encuentran a la profundidad media de siete centímetros bajo la superficie del suelo.
- 4) La profundización como consecuencia del peso de la planta y la tensión de sus raíces, alcanza a un centímetro en un período de 10 años.

Si con los perfiles transversales actuales se restablece el nivel imaginario antiguo, puede obtenerse la diferencia que corresponde a la parte del perfil que fué arrastrada. Los datos complementarios, están representados por el año de la plantación, la edad del rozado, etcétera.

Suelos arenosos. — Representan los casos más desastrosos de erosión, debido a la poca coherencia de las partículas, que los diferencia de los suelos arcilloarenosos regionales de permeabilidad imperfecta por ser bastante ricos de coloides.

Según observaciones realizadas en Loreto, el suelo arenoso humífero, con inclinación de 8,8 %, un largo de desagüe de 120 metros, que se ara, cruza y carpe intensamente, demuestra que en un período de ocho meses comprendidos de agosto a abril fueron arrastrados dos centímetros como mínimo, con surcos y concavidades producidas por las aguas en el yerbal reemplazado ocho meses antes y ya la plantación anterior había sido arrastrada totalmente por las aguas pluviales.

En general, tomando en cuenta otras partes de la misma propiedad, sometidas a las mismas condiciones, donde el yerbal no fué arrastrado ni reemplazado, puede calcularse el promedio del arrastre anual en 2,5 centímetros.

El suelo está decapitado y puede observarse la rápida pérdida de la fertilidad primitiva del sitio. Esto último se confirma por el buen desarrollo de la yerba mate en las partes poco inclinadas de la misma propiedad.

Algunos lotes plantados muy tupidos, a la distancia de dos metros y protegidos por el monte primitivo conservado en pie, pero clareado, muestran perfiles edáficos intactos.

De uno de los grandes herbales de San Ignacio, cinco perfiles transversales tomados en la superficie en el lugar que representa el término medio, están representados en la figura 7, del número 5 al 9. Estos perfiles revelan un arrastre de 971 metros cúbicos para una hectárea como mínimo en un período de nueve años, es decir, 108 metros cúbicos por año, correspondiendo 1,1 centímetros de profundidad de la capa arrastrada cada año. La inclinación del lugar alcanza al 4 %, el largo del desagüe 50 metros y el yerbal es arado, cruzado y carpido.

Hacia abajo del lugar en cuestión puede observarse la formación de surcos y concavidades, que pueden acelerar la erosión en el futuro.

El estado de las plantas indica cierto grado de declaimiento; el suelo es de tipo arenoso, permeable, poco arcilloso.

De las observaciones y mediciones de los herbales sobre suelos arenosos, se puede deducir en general, que en las condiciones de cultivo intensivo practicado en el territorio, la erosión empieza a ser sensible con 2 % de inclinación y 100 metros de largo del desagüe.

Suelos pardos. — Se decapitan muy fácilmente y son menos resistentes a la acción erosiva que los suelos rojos y lateritas, lo que se observa particularmente en los casos de poca profundidad bruta del perfil edáfico, con subestrato de permeabilidad imperfecta. Por otro

lado, estos suelos demuestran mayor poder de infiltración y de absorción en estado seco.

En un yerbal plantado en las laderas del valle del río Yabebirí, en suelo pardo forestal poco profundo, con la roca madre de "itacurubí" de permeabilidad regular, se planta batata y se le carpe, se observa el arrastre de la zona humífera en un espesor promedio de 25 centímetros al cabo de 21 años.

La particularidad del lugar consiste en una especie de lomo que favorece el desagüe de ambos lados e impide la concentración de las aguas pluviales.

En un yerbal de Loreto, con suelo pardo forestal de un metro y más de profundidad bruta, pasaron 15 años desde la plantación y 10 años sin ser arado en el sentido de la máxima pendiente. Hace siete años que este yerbal fué eliminado de la lista de los yerbales productivos, debido a su decaimiento completo en las partes erodidas; durante estos últimos años, la extensión que cubrió se explotó como pastoreo. Las plantas de yerba mate se encuentran raquíáticas, demostrando necrosis en sus coronas, la que ha avanzado desde arriba, hay también infección de "taladros", etc., y muchas plantas, especialmente las situadas sobre partes erodidas están muertas, siendo de agregar que el desarrollo de las que están vivas y aparentemente sanas, no corresponde a su edad. En los últimos años la superficie de referencia se cubrió de chircales y *Andropogon paniculatum* KTH., en la parte baja; por la acción del pastoreo, se observa la invasión del *Paspalum notatum* y *Axonopus compressus*, gramíneas con estolones que fijan poco a poco el suelo. Se observa también decapitación completa, afloramiento de piedras, denudación en manchas extensas con afloramiento de la roca madre de consistencia más compacta y en parte subestrato pedregoso, siendo numerosos los surcos con carácter de carcavones pequeños cuyos ejes longitudinales concuerdan con la pendiente máxima.

Los caracteres de estos zanjones, están ilustrados por los perfiles 1 y 2 de la figura 6. En el primero, el área del perfil arrastrado alcanza a 2,68 metros cuadrados, siendo la velocidad del torrente de 1,8 metros por segundo, la inclinación de 7 % y el largo del desagüe 70 metros. Se observa la erosión del fondo, de los taludes y del origen; la sedimentación de la arena fina se produce con 2 % de inclinación.

En el perfil número 2, el área del mismo alcanza 1,41 metros cuadrados, la velocidad del torrente llega a 1,7 metros por segundo, la inclinación del fondo es de 6 % y el largo del desagüe 65 metros. La sedimentación se produce por aguas claras; el suelo es menos pedregoso que en el caso anterior.

Como deducción de los casos estudiados, puede concluirse que el cultivo completo del suelo pardo forestal con yerbales, manteniendo la plantación sin arar en el sentido de la pendiente máxima, no puede practicarse sobre pendientes mayores del 4 %, con un largo del desagüe mayor de 100 metros, en general, sin que se corra el riesgo de producir una erosión activa. Consiguientemente, la pendiente natural para las zanjas se establece en 1,5-2 % para la velocidad de 1,7 m/segundo.

Suelos rojos. — Los suelos rojos sueltos son menos resistentes contra la acción mecánica de la erosión, especialmente en los casos de poca profundidad bruta, lo que se observa con mayor frecuencia en los yerbales. Por otra parte, esta categoría de suelo es más permeable y tiene mayor capacidad hídrica que las lateritas, lo que importa decir que desaguan en menor proporción que éstas, en igualdad de las demás condiciones. Por estas razones, las dos categorías de suelos rojos, en relación al efecto erosivo, pueden considerarse sin diferencias. Algunas observaciones realizadas en esta categoría de suelos permitirán apreciar su comportamiento con relación a la acción erosiva.

Un yerbáceo grande de Candelaria se cultiva uniformemente; antes se araba y cruzaba, mientras que ahora se ara solamente, en sentido más o menos perpendicular a la mayor pendiente, y se carpe. Las hileras de plantaciones de yerba mate nunca corresponden a las curvas de nivel, por lo cual los surcos del arado, no pueden ser trazados según las horizontales. Como medida contra la erosión, se usa el aporcamiento al pie de la planta y tiene por objeto cubrir las raíces descubiertas por el arrastre y se realizan ensayos para paralizar los efectos de la erosión mediante construcciones rústicas transversales de tablas, varas, estacas y malezas cortadas y amontonadas en los surcos y carcavones.

El caso señalado es muy típico y demostrativo para las lateritas intensivamente cultivadas. El suelo, de más de un metro de profundidad bruta, con inclinación hasta 5,3 % y un largo de desagüe de 300 metros, muestra carcavones hasta de 1,10 metros no consolidados, continuando el arrastre de los taludes y del fondo y observándose surcos profundizados por la erosión hasta 36 centímetros correspondientes a las fajas aradas entre hileras de plantación y perpendiculares a los carcavones.

Puede calcularse la capa del arrastre anual sobre las superficies no cortadas por surcos y carcavones entre dos y tres centímetros, lo que prácticamente constituye el espesor de la capa movida por las carpidas anuales. La sedimentación del material fino traído por torrentes se observa en partes inclinadas hasta 1,75 %. La pendiente natural, en las condiciones de la concentración de las aguas pluviales en el presente caso, puede considerarse hasta de tres por ciento.

Uno de los grandes yerbales de San Ignacio, situado sobre suelo rojo suelto de más de un metro de profundidad bruta, se halla expuesto al nordeste, siendo la inclinación del terreno 5 %. El yerbáceo tiene 12 años de edad, habiendo pasado 14 años desde la tala blanca. Anteriormente se araba y cruzaba la superficie; pero desde hace tres años solamente se ara en el sentido horizontal y se carpe. Se encuentra muy difundido el *Cynodon dactylon*, el cual, a pesar de las carpidas, fija la superficie en algunas partes.

El estado de plantas de yerba mate es muy malo y el arrastre promedio para la superficie total, en el período de los 12 años, se estima en un centímetro por año y las vías antiguas de desagüe han sido transformadas en carcavones hasta de un metro de profundidad. En las cuencas de estas vías de desagüe el arrastre es mucho mayor y las plantas de yerba mate mueren en gran cantidad y son reemplazadas.

La roca madre se halla denudada en manchas extensas y en partes aflora el subestrato rocoso. El suelo sobre toda la superficie del yerbal está decapitado. Los perfiles tomados en el caraván revelan un arrastre mínimo de 1.485 metros cúbicos en 14 años sobre la superficie total de 3.000 metros cuadrados, es decir, 106,1 metros cúbicos por año, con un término medio de 49,5 centímetros de espesor de la capa arrastrada durante los 14 años para la parte infectada.

El fondo del lecho del caraván tiene una inclinación en total de 19 %, medido desde el origen no profundizado hasta el fondo del torrente, 100 metros hacia abajo. Actualmente el fondo del cauce en la parte inferior del torrente se halla constituido por roca viva; en la parte media y superior del cauce continúa la profundización intensa del fondo y se observa la tendencia a la prolongación del origen.

La desvalorización del suelo de estas partes erodidas, sea en forma de cauces, decapitado, lavado o desecado por el sistema de surcos, ha alcanzado tanta importancia que difícilmente pueden esperarse en corto tiempo resultados satisfactorios por las mejoras representadas por la consolidación y otros medios preventivos a base de cultivos.

En otro yerbal grande de San Ignacio, sobre suelo rojo suelto, con profundidad bruta de más de un metro, de seis años de edad, se ara y cruza, primero en el sentido de la mayor pendiente y luego según las horizontales y también se le carpe. El terreno tiene en total una inclinación de 4,4 % y un largo de desagüe de 85 metros.

En un yerbal grande de Posadas, sobre suelo laterita, con inclinación de 9,63 % y un largo de desagüe calculado en 60 metros, se observa un arrastre promedio de tres centímetros por año. Las raíces de la yerba mate están al descubierto y muchas plantas mueren; antes se araba y cruzaba el terreno y desde hace cuatro años se le carpe solamente y en los surcos erodidos entre las hileras de la plantación se puso ceniza para llenar.

En Loreto, un yerbal de 8-16 años, situado sobre laterita, en parte suelo rojo suelto, con profundidad menor de un metro, permite comprobar que este último tipo de suelo sufrió en el período de los ocho años en mayor grado los efectos de la erosión, pues muestra los surcos y afloramiento de piedras, siendo su inclinación de 8,75 %. La parte con laterita profunda, inclinada en 7 %, revela surcos y zanjones de erosión, raíces descubiertas y crecimiento raquíctico de las plantas de yerba mate. El yerbal se aró y cruzó siempre, usando tractor, y se carpió, con excepción de los últimos tres años.

De las observaciones realizadas puede establecerse con bastante aproximación que para los suelos rojos, con largo de 100 metros de la pendiente del desagüe removidos completamente por las labores, debe esperarse el comienzo de la erosión acelerada con inclinaciones comprendidas entre 2 y 3 %. Si, en cambio, solamente se ara el suelo en sentido horizontal y se carpe, los efectos de aquélla comienzan con inclinación entre 4,5 y 5 por ciento.

Caminos.— El perjuicio se produce según lo mencionamos en la página 56, en forma de torrentes profundizados eventualmente hasta la roca viva del melafíro, torrentes que alcanzan hasta dos y más metros de profundidad, fenómeno que puede verse entre Santa Ana y Bonpland, en lateritas, y entre Loreto y San Ignacio, en suelo arenoso. En general, estos arrastres no pueden abarcar grandes superficies cuando el tránsito está limitado a las calles trazadas y alambradas; pero en las partes no alambradas, las laderas integras son cortadas por la erosión, favorecida por el traslado de la carretera y las huellas de herradura.

El mayor efecto erosivo se produce sobre las carreteras, por el tránsito de los automóviles, como consecuencia de la fuerza viva elevada en función de la velocidad por un lado y por la formación de huellas, que se transforman fácilmente en torrentes.

En las carreteras no pavimentadas trazadas sin plan racional, sin zanjas de desague, con cambios frecuentes de la pendiente y con perfiles transversales defectuosos, la erosión desarrolla fácilmente su acción destructora. En numerosos casos, los caminos en tales condiciones, por la concentración de las aguas, se convierten en focos de erosión, la cual amenaza de tal manera a la integridad de los terrenos vecinos.

Los prados artificiales en Misiones. — Entre los prados y pastoreos cultivados en Misiones para mantener los animales indispensables a la vida y trabajo rural hay que mencionar los que hacen los colonos europeos de Eldorado, Puerto Rico, Leandro N. Alem, Yerbal Viejo, etc. Estos prados fijan bien el suelo, no son recargados con animales y ocupan superficies estrictamente necesarias. Se siembran gramíneas o se plantan cuidadosamente porciones de estas plantas, eligiéndose para tal fin especies que se multiplican de preferencia por estolones.

Bien cuidados y no quemándolos, estos pastoreos constituyen lugares de belleza en las nuevas colonias misioneras y representan ejemplos dignos de imitarse.

Entre las gramíneas usadas para prados y pastoreos, pueden señalarse las siguientes:

Axonopus compressus (Sw.) BEAUV., gramilla, pasto de los jesuítas.

Cynodon dactylon PERS., pata de perdiz, gramilla de San Pablo, gramilla colorada, grama de Bermuda, grama de España, capín de seda, Capi-pé-poi, etcétera.

Paspalum dilatatum POIR., gramilla de hoja ancha, gramilla de cuaresma, pasto polaco, capim camprido de Australia, grama de Caexas, grama camprida, grama das rocas.

Paspalum notatum FLUEGGE, gramilla colorada, gramilla blanca.

Stenotaphrum glabrum, Tr.

Stenotaphrum glabrum, Tr., forma erecta.

Todas estas especies son naturales de Misiones y de los países vecinos.

00317



Impreso en los Talleres Gráficos
de la Dirección de Informaciones del
Ministerio de Agricultura y Ganadería

33617 - 2.000 - 955