

# *La erosión y la conservación de suelos en Colombia*

Por *Francisco J. Otoya Arboleda*

---

A mi padre **José M. Otoya R.**  
a mi madre **Carmen Arboleda de Otoya**  
a mis hermanos y hermanas

---

## **Introducción**

La erosión o sea el lavado de la tierra por las aguas lluvias tiene una importancia trascendental y sólo hace algunos años se le ha considerado como factor limitante de los cultivos a causa de las grandes pérdidas que ocasiona.

En el país es mucho lo que se ha escrito referente a este problema pero la mayor parte de las publicaciones hechas a este respecto adolecen de la falta de sistemas recomendables y adaptables a las condiciones nuestras, por lo cual hasta el presente es muy poco lo que se ha realizado en favor de la conservación de nuestros suelos. En el presente trabajo he querido dar una norma más o menos general en relación con este fenómeno de importancia medular y cuya resolución es

necesario emprender en breve plazo dadas las características alarmantes con que se presenta.

Como entre nosotros por el momento carecemos de estadísticas completas en cuanto se refiere a este problema, para darnos una idea más precisa del tema aquí tratado y de su importancia, he creído conveniente traer a cuenta los datos que en los EE. UU. de Norte América se han obtenido en lo referente a este asunto. Así pues el Sr. H. H. Bennett en el trabajo presentado a la Conferencia Interamericana de Agricultura del año de 1930 asegura que por experiencias realizadas en algunas Estaciones Experimentales en los Estados Unidos se obtuvo una pérdida de 40 toneladas de tierra fértil en un terreno de una pendiente de dos por ciento y con una precipitación pluvial de 27 pulgadas (1). Este dato obtenido, nos demuestra muy a las claras la cantidad de pérdidas que puede alcanzar el lavado de la tierra en nuestro país que en la generalidad de los casos tiene pendientes más fuertes y de un régimen pluviométrico más intenso.

El contenido de nutrientes en los suelos varía en una forma muy notoria por lo cual para obtener un cálculo de las pérdidas causadas por las aguas lluvias, en el caso anterior relacionándolo con la cantidad de materiales perdidos, tomamos como base un promedio de los suelos de EE. UU. el cual nos da un 1.59 por ciento de potasio, 0.15 por ciento de ácido fosfórico, 0.10 por ciento de nitrógeno, 1.56 por ciento de calcio y 0.84 por ciento de magnesio. (2) Las pérdidas de materiales fertilizantes en el caso anterior alcanzan las siguientes cantidades: 636 kilos de potasio, 60 kilos de ácido fosfórico, 40 kilos de nitrógeno, 624 kilos de cal y 336 kilos de magnesio las cuales tienen que ser devueltas al suelo por medio de abonos que tienen precios elevados.

Considerando así este caso en que el terreno tiene una pendiente muy pequeña, que comprende entre nosotros zonas de extensión reducida dedicadas al cultivo, se ve claramente la importancia que tiene este proble-

ma en relación con la baja de la fertilidad de los suelos ya que en el país esta pérdida alcanza mayores proporciones debido a que los abonos usados en reparar los daños no se producen en el país, son muy caros y unido a esto, su precio de transporte trae un recargo considerable en el valor de los cultivos que en la mayoría de los casos produce pérdidas. Esto que pasa en un solo acre de terreno, acontece y con mayor intensidad en todas las extensiones de la Unión Americana por lo cual las pérdidas de materias fertilizantes alcanzan a 43.568.112 toneladas que corresponden a 60 veces más que los abonos usados en los Estados Unidos durante el año de 1934 (2).

El río Missisipi arrastra durante el año, 730 millones de toneladas de materias en suspensión según lo estima R. J. Russel de la Universidad de Louisiana (2). Este material de arrastre que en su mayor parte comprende limos y arenas, forzosamente es obtenido de todas las zonas que forman la cuenca hidrográfica de la región de procedencia, por lo cual se puede apreciar la inmensa pérdida que sufren estos terrenos que necesariamente pierden durante un año la cantidad de suelo arriba anotada.

Sin embargo, no tomemos estas pérdidas solamente en el territorio de la Unión Americana sino que estudiemos el fenómeno en otros países para ver que alcanzan proporciones fantásticas como puede apreciarse en el cuadro que a continuación inserto, en donde se encuentra la cantidad de pérdida, no sólo en materias de suspensión sino en soluciones, en donde además, se expresan los distintos análisis de los limos lo que nos mostrará de una manera clara la gran importancia que tiene en relación con la pérdida de fertilizantes (20).

Materiales arrastrados por los ríos — Análisis de algunos limos — Cuadro N° 1

Cursos de aguas.	Materiales en suspensión, toneladas.	Materias en solución.	Nitrógeno 1 : 1.000	Acido fosfo- rico 1:1.000	Potasio 1 : 1000.	Carbonato de calcio 1 : 1000.
Curso de aguas de los Alpes.						
Isere a Mountiers (1911-12)	184.000	515				
Isere a Montmélan (1911-12)	38.800.000	2.520				
Isere a Grenoble (1912-13)	19.900.000	2.170	1.24	1.66	1.32	255
Durance a Embrun (1911-12)	881.000	880				
Durance a Sisteron (1911-12)	7.300.000	1.580				
Mirabeau (1911-12)	7.600.000	2.610	0.50-1.06	0.92-1.10	1.34-2.2	356.4 484.4
Curso de aguas en los Pirineos						
Garone a Saint-Beal. (1911-12)	32.000	98.500				
Garone a Toulouse	345.000	720.000	1.99	1.59	3.02	124

Para dar una idea más clara de la intensidad de esta pérdida, anotamos a continuación la sufrida en la capa del suelo en los terrenos ubicados en Texas, Oklahoma y Kansas durante un período aproximado de treinta años y en una extensión de 74 acres. El desgaste del suelo por las aguas obtenido con una medida cuidadosa variaba de 3 a 96 pulgadas repartidas en la forma siguiente: veinticinco y medio acres habían perdido la capa del suelo en una profundidad de 8 pulgadas, veintitrés acres en una profundidad de 13 pulgadas, y cinco acres en una profundidad de 20 pgdas.; además, se presentó un acre de terreno que había perdido el suelo y subsuelo en una profundidad de cinco pies. Estas cifras nos muestran claramente la capacidad de arrastre del agua y su acción directa en la destrucción de la superficie de la tierra como también las formas tan variadas como obra según la constitución del suelo, su pendiente y, en fin, todas las características ambientales que como se ve pueden variar en forma muy extensa en una misma región. Teniendo, pues, como base, datos estadísticos de países que tienen una topografía y una constitución orográfica tan distinta al nuestro y en la mayor parte de los casos más benéfica, no podemos, pues dudar de la importancia tan trascendental que tiene este problema entre nosotros. Con solo apreciar las fotografías de la provincia de Ocaña, una de las regiones en donde este problema tiene características alarmantes, se puede ver de una manera muy clara que el lavado del suelo alcanza proporciones mayores, pues solamente basta observar con cuidado la altura primitiva de las columnas y la formación de estoraques para darse cuenta exacta de que la pérdida de las capas del suelo no sólo alcanzan las alturas enumeradas anteriormente sino que, por el contrario, las sobrepasan con creces.

Fuera de todas estas circunstancias debemos considerar que en el país existen innumerables cantidades de ríos como el Magdalena, Cauca, Atrato, Sinú. Ca-



Fig. N° 1 — Terrenos erodados de la  
Provincia de Ocaña.



Fig. N° 2  
Formación típica de columnas.

quetá, etc. que anualmente arrastran cantidades inmensas de materiales en suspensión los cuales proceden de nuestras regiones quebradas que atraviesan los ríos y quebradas de caudales menores.

Teniendo en cuenta todas estas características del país sobre las cuales se tratará en el presente trabajo, de un modo más extenso, no se puede negar en forma alguna la importancia y necesidad de solución que tiene este problema por medio de medidas efectivas y drásticas.

## LOS SUELOS Y SU TOPOGRAFIA EN RELACION CON LA EROSION

La constitución física de los suelos y su topografía, tienen una relación íntima con el grave problema de la erosión y su estudio es de una importancia trascendental, pues se puede decir sin lugar a duda que estas características del terreno son factores limitantes o engendradores del lavado de los suelos por las aguas lluvias. En vista de estas importantes relaciones creo conveniente el estudio de las características anteriores como base para la determinación de las zonas erodables y aún como punto de partida para el establecimiento de métodos adecuados para evitar sus efectos.

Así pues, en el estudio a realizar, es indispensable dividir el presente capítulo en los siguientes apartes:

- 1) Relación entre la topografía y la erosión.
- 2) Propiedades físicas (grado de finura y clase de suelos) y su relación con la erosión.

Al considerar estos puntos lo haremos de una manera perfectamente independiente obteniendo así la influencia de cada uno de los factores por separado, y luego se considerarán en conjunto para poder apreciar las distintas modalidades e influencias cuando obren en una perfecta armonía como ocurre en la naturaleza; éste último punto constituiría el tercer aparte de este capítulo y puede considerarse como la conclusión o base del mismo.

Sin embargo es importante anotar que las conclusiones obtenidas en el presente capítulo sólo se aprecian bajo el supuesto de una cantidad de agua constante en cuanto a intensidad y duración ya que en el capítulo sobre meteorología o régimen pluviométrico se tratará de un modo más extenso las distintas características de la erosión en relación con la intensidad del régimen pluviométrico.

Por ser la pendiente un factor importante trataremos a continuación de resumir los principales rasgos orográficos del país que son los generadores de las características topográficas de las cuales nos ocuparemos más adelante.

Colombia que en el continente americano ocupa uno de los primeros lugares entre las naciones cuyo clima y topografía son más variables, lo debe casi exclusivamente a sus condiciones orográficas que tienen su origen en la gran Cordillera de los Andes que entrando por la parte sur del país se ramifica y forma infinidad de valles, más o menos profundos, encontrándose gran diversidad de alturas que varían entre los 3.000 y 500 metros sobre el nivel del mar.

La Cordillera de los Andes que en su dirección surnorte penetra por los departamentos de Nariño y Cauca, forma en este último un bloque macizo del cual

se originan los distintos ramales que atraviesan el país en varias direcciones como veremos a continuación.

Al llegar la Cordillera de los Andes al departamento del Cauca se ramifica en dos partes que toman las direcciones noroeste y noreste, respectivamente, y dan origen al Valle del Cauca y a un sinnúmero de ríos como el San Juan, El Patía, El Mira y otros, tributarios éstos del Océano Pacífico. El ramal que toma la dirección noroeste, un poco más al norte se subdivide y forma otro que toma la dirección este en un principio y luego desvía al norte y atraviesa todo el país. En cambio el otro ramal toma una dirección norte, un poco inclinada hacia el este y origina así la cuenca del Magdalena y las numerosas hoyas hidrográficas de los Llanos Orientales entre las cuales se destacan las correspondientes a los ríos Meta, Putumayo, Vichada y otros.

De lo anterior se ve claramente que el territorio nacional está atravesado de sur a norte por la gran Cordillera de los Andes en sus tres ramificaciones conocidas con los nombres de Occidental, Central y Oriental, las cuales tienen alturas que alcanzan más de 4.000 metros, mientras sus estribaciones llegan a menos de 500 metros sobre el nivel del mar.

Para darnos cuenta de la influencia de estas cordilleras, estudiaremos de un modo más extenso el recorrido que siguen en el país, sus ramificaciones principales y las serranías que se derivan de ellas para así apreciar de un modo más exacto las distintas regiones accidentadas en donde se puede presentar erosión con caracteres más alarmantes. Para este estudio principiamos por la Cordillera Occidental, que es la que alcanza menores alturas y tiene menor importancia en la determinación de las características topográficas del país

La Cordillera Occidental, sigue una línea más o menos paralela a la Costa del Pacífico, no tiene grandes alturas pero se acerca de un modo notorio a la Cordillera Central en el Valle del Cauca principalmente en

la región correspondiente al Municipio de Buga, lo mismo que en los departamentos de Caldas y Antioquia en donde el río Cauca está casi encañonado, pues las estribaciones de las Cordilleras Occidental y Central se levantan en muchos puntos en las mismas márgenes del río, siendo por consiguiente el valle supremamente estrecho.

En la parte norte, esta cordillera se divide en tres ramales o serranías conocidas con los nombres de San Jerónimo, Abibe y Ayapel que dan origen a las cuencas del bajo Cauca, el Sinú y otras de menor importancia; estos tres ramales que se encuentran en la parte norte de Antioquia hacen que este departamento tenga una topografía accidentada. Además, esta cordillera en su parte media, poco más o menos, y en la Intendencia del Chocó forma un ramal secundario que toma una dirección occidental y luego se subdivide en dos que toman la dirección norte y sur respectivamente formando así las que atraviesan toda la Intendencia del Chocó. Este ramal es pues el originario de la Cordillera de los Andes en la América Central, puesto que es el único que toma esta dirección.

La Cordillera Central, que se desprende de la Cordillera de los Andes del mismo bloque formado por la Cordillera Occidental, sigue hacia el norte y en el Páramo de las Papas se subdivide, formando la Cordillera Oriental y la **Cordillera Central** propiamente dicha. Esta cordillera toma una dirección norte muy marcada y da origen a las cuencas del Magdalena y del Cauca atravesando los departamentos de Caldas y Antioquia y subdividiéndose en este último, en dos ramales que forman el Valle de Aburrá por donde corre el río Medellín. Es de notar que en esta cordillera se encuentran las alturas más grandes que existen en toda la república y se caracteriza por una serie de nevados y volcanes como el Ruiz, el Tolima y el Puracé que tienen alturas mayores de 4.000 metros sobre el nivel del mar. Por atravesar esta cordillera los departamentos de Cal-

das y Antioquia y estar sus estribaciones muy cerca de la Cordillera Occidental se puede decir sin lugar a dudas que estos departamentos son los de topografía más accidentada en la república y por consiguiente los más propensos al lavado de la tierra por las aguas lluvias. Además, la circunstancia de que en el departamento de Antioquia se subdividan las cordilleras de que hemos tratado, da a este departamento extensiones más grandes de terrenos perfectamente quebrados.

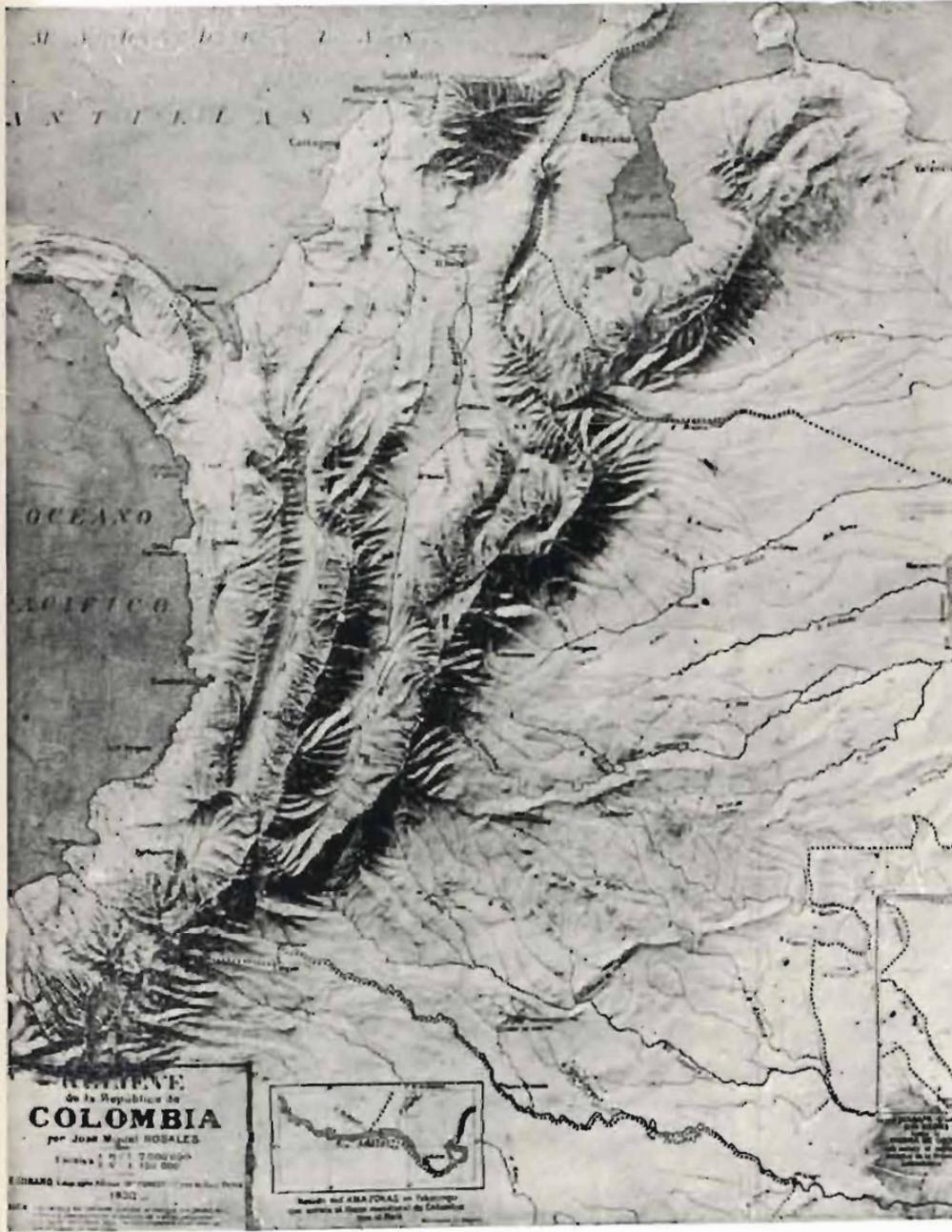
La Cordillera Oriental que tiene gran importancia por la formación de la Sabana de Bogotá, en un principio toma una dirección este, bien definida, que luego deriva hacia el noroeste para atravesar el territorio nacional casi hasta el límite con Venezuela y formar en esta última nación los Andes Venezolanos. El nacimiento de esta cordillera es, pues, como se dijo anteriormente, el Páramo de Las Papas y forma la vertiente oriental del río Magdalena y la de los Llanos Orientales en donde nacen los ríos Meta, Vichada y otros de gran importancia. Una vez formada la Sabana de Bogotá que tiene una extensión de sesenta kilómetros de anchura por unos doscientos de largo y una altura promedio de dos mil metros, esta cordillera se estrecha en el departamento de Boyacá y luego en el de Santander se subdivide en dos ramales: uno toma la dirección noreste muy marcada y llega hasta los límites con Venezuela; el otro ramal toma la dirección noroeste, forma la Hoya del Catatumbo y va a morir en las costas del Caribe en donde se encuentra la Sierra Nevada de Santa Marta, que aparece en el país como una formación aislada. Por ramificarse esta cordillera en el departamento de Santander y parte de Boyacá y ser además la cordillera que más se extiende en dirección este-oeste, da a los citados departamentos una topografía supremamente quebrada y muy semejante a la de Antioquia y Caldas, caracterizada por fuertes pendientes que varían desde un 10% hasta más del ciento por ciento en las principales formaciones. Además las cuencas de los ríos que atraviesan estos departamentos son

en su mayor parte supremamente estrechas y forman valles anchos solamente cerca de sus desembocaduras en los ríos principales. Como se ve claramente estas cadenas de montañas que atraviesan el país de sur a norte en casi toda su extensión y que tienen alturas muy variables le dan una topografía de pendientes muy fuertes como se puede apreciar en el mapa en relieve que adjunto al presente trabajo. Observando con detenimiento este mapa se encontrará que en Colombia son muy pocas las regiones que tienen una pendiente menor del 10% y sólo se pueden contar entre éstas los principales valles como el Magdalena, Cauca, Sinú y en general la Costa Atlántica y todos los Llanos Orientales que tienen pendientes comprendidas entre este límite.

De lo expuesto anteriormente se puede concluir que en el país se encuentran regiones perfectamente propicias para el desgaste del suelo por el agua lluvia entre las cuales merecen citarse los departamentos de Caldas, Antioquia y los Santanderes, en donde este problema tiene características alarmantes.

Una vez que hemos tratado sobre la conformación orográfica del país que es la base de las pendientes y rasgos topográficos, creo necesario para el fin que me propongo, el estudio de la pendiente en relación con la erosión, considerando solamente el factor pendiente y excluyendo todas las demás causas retardatrices o que aceleren este efecto, para lo cual tomamos una cantidad determinada de aguas lluvias en un tiempo limitado a fin de obtener diferentes valores de pendientes, capacidad de arrastre, y por último, determinar de un modo más exacto las regiones en donde el lavado del suelo se efectúa con mayor intensidad.

Es conocido por todos los ingenieros que trabajan en hidráulica que el agua tiene una fuerza viva capaz de arrastrar partículas o fragmentos de rocas por acción de su energía cinética, que está íntimamente relacionada con la velocidad, la cual es determinada en



**RELEVÉ**  
 de la República de  
**COLOMBIA**  
 por JOSE M. ROSALES

EDICIÓN: 1932  
 LITOGRAFÍA: ...



Mapa del KBAFONAS en Colombia  
 con datos de los levantamientos de Colombia  
 por el KBA

función de la masa y pendiente, aparte de otros factores de menor importancia.

Si consideramos la superficie de la tierra en una extensión definida como una serie de canales abiertos, infinitamente pequeños, podemos aplicar la fórmula siguiente:  $U=C RI$  usada para el cálculo de la velocidad en dichos canales una vez conocida la altura de la capa líquida y la pendiente (5). Sin embargo, la determinación del coeficiente  $n$  base de los cálculos para la determinación de la constante  $C$ , sólo se puede obtener por medio de experiencias y para el presente caso todavía no se ha determinado, por lo cual se puede usar un coeficiente elevado si consideramos que la altura de la capa líquida es muy pequeña y los lados del supuesto canal están influenciados directamente por la tensión superficial que obra de un modo más enérgico cuando el volumen de agua es pequeño y la superficie es grande. Por las razones expuestas y para los fines que me propongo, he tomado los coeficientes para canales abiertos, con vegetación abundante y que corresponden a 0,040.

### Cuadro N° 2

Fórmula:  $U = C \sqrt{RI}$ ;  $R = 0.01$

Pendiente mts. por ciento.	Velocidades mts. por segundo.
4	0,0940
9	0,1413
16	0,1882
25	0,2399
36	0,2879
49	0,3359
64	0,3824
81	0,4302
100	0,4800

En el cuadro anterior se aprecia la velocidad alcanzada por una cantidad de agua correspondiente a una altura de 10 mm. de precipitación pluvial pero sin tener en cuenta la capacidad de infiltración, la intensidad de la lluvia y el grado de saturación que son factores determinantes de la capacidad o cantidad de agua, que es si se quiere el factor determinante de la velocidad del agua en función del rendimiento o volumen y la pendiente.

Estudiando detenidamente este cuadro podemos sacar las conclusiones siguientes: en primer lugar que a una velocidad mayor de 60 cms. se presenta el lavado de la tierra por el agua en terrenos arenosos faltos de un grado alto de cohesión, y que a una velocidad de 90 cms. se presenta este mismo fenómeno siempre que el curso seguido por las corrientes de agua no tome una dirección muy sinuosa y forme grandes curvas, pues, en este caso el efecto del lavado se presenta con mayor intensidad dada la energía cinética del agua que se concentra en las curvas formadas al tratar de regularizar su curso.

En las pendientes que oscilan entre un diez y un quince por ciento el poder de erosión del agua es menor que en las pendientes mayores, pues la velocidad del agua en éstas es menor la capacidad de arrastre o poder erosivo del agua, según G. Robert, J. B. Kelly y E. G. Welch, varía de acuerdo con el cuadrado de la velocidad (12).

Así pues observamos que a medida que aumenta la pendiente sin aumentar la cantidad de agua, aumenta la velocidad, y por ende, el poder erosivo y la capacidad de arrastre del agua lluvia aumenta en consecuencia. Observamos, que en pendientes menores del 10% la capacidad de arrastre es muy baja y, por consiguiente, serían terrenos en donde la erosión no se presentaría con grandes pérdidas y los cultivos se podrían hacer en forma corriente.

Sin embargo debemos considerar (ya que se trata de este punto) que un terreno de un 10 o un 15%. es

aquel cuya suma de pendientes dan este promedio, pero que en realidad dentro de la misma región se encuentran zonas con pendientes mayores o menores que mutuamente se compensan. Considerando pues este hecho, tenemos que el agua que corre por la superficie nunca se extiende por toda ella sino que por el contrario, busca las pequeñas pendientes o declives y corre por puntos más bajos formando diferentes acequias o canales pequeños, unos tributarios de otros, por lo cual la velocidad alcanzada aumenta de acuerdo con la cantidad de agua que corre por cada uno de ellos; esto es muy claro si consideramos que por una superficie menor correrá la misma cantidad de agua, lo que trae como consecuencia lógica el aumento de la altura de la capa líquida que es uno de los factores determinantes de la velocidad en los canales.

Al aumentar la velocidad del agua, la capacidad de arrastre aumenta de un modo notorio y la erosión se presenta en pendientes menores con caracteres de importancia económica. Al observar los terrenos erodados podemos ver en forma clara la aplicación de lo dicho en el párrafo anterior, ya que ésta se empieza a presentar formando pequeños cauces en las partes más bajas del terreno y por efecto constante del agua va profundizándose y reduciendo su radio hidráulico, por lo cual cada vez se profundizan más y al mismo tiempo van obrando sobre las paredes del canal aumentando así indirectamente las pendientes de las áreas adyacentes y el lavado por el agua se nota por la pérdida de la capa vegetal. (erosión plana).

Si hacemos un cálculo similar al anterior podemos apreciar de un modo más concreto la magnitud de este aumento y las consecuencias que traería para las distintas pendientes y así obtendríamos una base más segura para determinar cuáles serían las que no se prestarían para ninguna clase de cultivo por su demasiada velocidad y poder erosivo del agua, como se puede observar en el cuadro que se inserta a continuación, esto sin tener en cuenta las características agrológicas y

propiedades físicas de los suelos de lo que más adelante me ocuparé.

$$\text{Fórmula: } U = C R I ; R = 0.0589$$

Cuadro N° 3

Pendiente mts. por ciento.	Velocidades mts. por segundo.
4	0,4800
9	0,7595
16	0,9690
25	1,2112
36	1,4535
49	1,6957
64	2,0554
81	2,2786
100	2,5318

Observando el cuadro anterior y la distribución de las cordilleras en el país podemos determinar, con alguna precisión, cuáles son las regiones propensas al lavado del suelo por aguas lluvias; así, pues, teniendo en cuenta estos dos factores solamente podemos decir sin lugar a dudas que en los departamentos de Antioquia y Caldas la erosión causa estragos de importancia a pesar de ser las regiones más cafeteras y que están parcialmente cubiertas de vegetación, pues según se puede observar hasta en los mismos cafetales se presenta este problema, el cual sería más serio si no estuvieran cubiertos parcialmente por vegetación ya que en aquellos lugares en donde ésta no existe, se pueden apreciar los daños de gran importancia que acarrea; esto es debido solamente a la característica topográfica de estos departamentos que son los más quebrados del país por estar atravesados por las cordilleras Occidental y Oriental que en esta parte tienen sus estribaciones muy cercanas. Por otra parte en estas regiones las cordilleras

Central y Occidental se ramifican y ayudan de esta manera a formar una topografía más accidentada y de pendientes más fuertes. Caso similar se presenta en los departamentos de Santander y Boyacá donde empiezan las ramificaciones de la cordillera Oriental. También se presentan casos similares en los departamentos de Nariño, Valle del Cauca, Huila y Tolima en los cuales las cordilleras Central y Occidental les sirven de límite o los atraviesan de sur a norte. En el Chocó que se encuentra la ramificación de la cordillera Occidental la erosión no causa tantos estragos debido especialmente a que casi en su totalidad está cubierto de selva pero sin embargo en esta región el régimen pluviométrico es muy alto por lo cual en algunas partes se presenta la erosión plana que trae la pérdida de la capa vegetal.

En resumen tenemos que en casi todos los departamentos del interior del país y los de la Costa del Pacífico la erosión se puede presentar con caracteres de importancia económica por lo cual se puede decir sin lugar a dudas que este problema en Colombia es casi general y su resolución traería importantes consecuencias para un futuro desarrollo agrícola.

Para poder determinar ahora de un modo preciso las zonas en que este problema es más importante, estudiaremos la relación que tiene el lavado de la tierra por el agua lluvia con las distintas clases de suelos bajo el punto de vista de su grado de finura, cohesión y permeabilidad, para determinar así el efecto de las lluvias desde este ángulo relacionándolo luego con la pendiente y determinar cuáles de ellos son más propensos a la erosión.

La capacidad de absorción de agua lluvia por los suelos está íntimamente relacionada con la cantidad de espacios porosos y tamaño de las partículas constitutivas del suelo, pues el movimiento del agua a través de las distintas capas está directamente determinado por la fuerza de gravedad y la tensión superficial.

Si tomamos, por ejemplo, una tierra que tenga las

partículas de tamaño menor, el agua que se puede infiltrar a través de éste se adhiere fuertemente a las paredes de las partículas y ofrece una mayor resistencia a consecuencia de la tensión superficial y a la fuerza de capilaridad, pero en cambio en aquellos suelos en donde dominan las partículas de mayor tamaño, la capa líquida que se adhiere a las grandes tiene una área mayor y la fuerza de gravedad obra de una manera más efectiva mientras que la fuerza de capilaridad se reduce a su mínimun; estas características traen por consecuencia que las gotas de agua se muevan más rápidamente y aumenten así el poder de absorción.

Estudiando la cantidad de espacios porosos en el suelo, que está directamente relacionada con la capacidad de absorción, tenemos una base para determinar la cantidad de agua que corre por la superficie la cual nos dará una pérdida de velocidad y por consiguiente la merma en la capacidad erosiva de ésta.

La capacidad de absorción como ya se dijo, está determinada por la cantidad de espacios porosos que contengan los suelos y es determinada por el grado de finura de las partículas y la gravedad específica de los suelos. Para tomar un punto de comparación daremos el grado de finura de los distintos separados del suelo, como también la capacidad de absorción de los suelos más característicos, lo cual nos servirá para determinar qué tipos de suelos están más capacitados para la absorción de las aguas lluvias. (12)

Grado de Finura N° 3 — Cuadro N° 4

Separados.	Tamaño en mm.	Limo arenoso %	Arcilla %	Capacidad de retención de agua.	
				Diámetro partículas	Porcentaje
Grava fina	2-1	1	1	186	3,77
Arena gruesa	1-5	32	2	10,000 73	
Arena media	0,50-0,25	3	2	10,000 61	4,92
Arena fina	0,25-0,10	22	6	1,000 45	5,76
Arena muy fina	0,10-0,050	35	11	1,000	7,57
Limo	0,05-0,005	24	41		
Arcilla	0,0050 M.	13	37		

Capacidad de absorción.—Cuadro N° 5

Suelos.	Capacidad En Lbrs.	Total En Volum.	Capacidad absoluta.	
			En Lbrs.	En Volum.
Arena	31,0	50,5	15,3	22,2
Tierra franca	33,5	55,8	22,6	35,4
Tierra arcillosa	49,6	67,6	36,1	45,6
Tierra arenohumífera	60,8	63,2	53,7	52,8

Del cuadro anterior podemos decir que los suelos en donde predomina la arena en todos sus estados tienen una capacidad de absorción mayor al mismo tiempo que la capacidad retentiva de agua es menor; por otra parte los suelos de estas características pierden en un grado muy alto el poder de cohesión por lo cual son fácilmente arrastrados cuando la corriente alcanza una velocidad mayor de 60 cms. según la ley sobre capacidad de arrastre teniendo en cuenta los diámetros de las partículas y que está expresada en los términos siguientes: el tamaño de las partículas que puede arrastrar el

agua varía con la sexta parte del poder de la velocidad (12). Sin embargo este hecho es claro sólo para partículas de la misma constitución ya que si se trata de arcillas u otros materiales más o menos plásticos esta ley no se puede aplicar con toda rigurosidad pues la fuerza de cohesión principalmente formada por las sustancias coloidales es mayor y la energía del agua tiene que vencer esta resistencia, por lo cual se observa que a pesar de tener diámetros mucho más pequeños los elementos constitutivos del suelo, en la práctica se usan velocidades mayores para estos tipos de suelos especialmente en tratándose de canales de irrigación.

Las conclusiones del presente capítulo se pueden resumir en forma de cuadro el cual nos servirá de punto de partida para las medidas que más adelante se explicarán y que tienen por objeto evitar la erosión hasta donde sea posible.

# Utilización del terreno según la pendiente y clase del suelo

## Cuadro N° 6

Pendiente mts. %	Velocidad mts. por segundo.	Clase de suelo.	Sistemas de cultivo
4	0.48	(Arenosos (Arcillosos	Cultivos en forma corriente. " " "
9	0.75	(Arenosos (Arcillosos	" " " Cultivos en franjas.
16	0.96	(Arenosos (Arcillosos	Cultivos en franjas intercaladas o en terraza " " "
25	1.21	(Arenosos (Arcillosos	" " " " " "
36	1.45	(Arenosos (Arcillosos	Cultivos en franjas o pastos. Pastos que eviten el lavado.
49	1.69	(Arenosos (Arcillosos	Pastos. "
64	2.05	(Arenosos (Arcillosos	Bosques industriales. " " "
81	2.27	(Arenosos (Arcillosos	" " " " " "
100 o más.	2.53	(Arenosos (Arcillosos	" " " " " "

De esta manera y teniendo en cuenta que el suelo del país presenta grandes variaciones y por no tener un mapa agrológico no es posible determinar ya de un modo geográfico las distintas regiones en donde es necesario tomar medidas más o menos drásticas para evitar este problema, pero en cambio en el cuadro anterior se encontrarán las normas a seguir para determinar estas regiones de una manera exacta ya que en este mismo capítulo se han enumerado éstas de un modo muy

general y sólo se pueden tener en cuenta algunas ya más limitadas como sería la Provincia de Ocaña, la zona adyacente al Páramo del Ruíz, algunas regiones del norte de Boyacá, el Valle de Medellín y por último los alrededores de Cali en donde se puede decir que este problema se presenta en una forma extensa y las características del suelo ligeramente arenoso y en algunas partes laterítico y arcilloso hacen que sean propicias al desgaste de las aguas lluvias.

## CLIMATOLOGIA

El régimen pluviométrico de una región es uno de los factores más importantes en tratándose de la erosión, ya que este determina de un modo efectivo la cantidad de agua que corre por la superficie, la cual está directamente relacionada con la menor o mayor intensidad que presente el lavado de la tierra.

Por la circunstancia anterior he creído necesario el estudio de nuestro régimen pluviométrico y de las causas que lo originan para poder tener una idea más clara de la intensidad con que el lavado de las aguas lluvias se puede presentar en el país.

Así pues, entre los factores determinantes de la mayor o menor intensidad de las lluvias, podemos citar en primer lugar la situación geográfica del país que corresponde a una zona intertropical en donde la intensidad de la lluvia está regularizada casi exclusivamente por las corrientes ascendentes de aire que traen como consecuencia una condensación más rápida de vapor atmosférico, que necesariamente lleva consigo la mayor o menor abundancia en las aguas lluvias.

Estas corrientes de aire están regularizadas, además, por la posición que en un tiempo definido tenga el sol con respecto a las distintas zonas, lo cual está indicado directamente por la latitud, la cual ejerce una influencia decisiva en la distribución de las épocas de lluvia a través de la superficie de la tierra, por lo cual en Colombia, país intertropical, se presentan dos, más o menos definidas. (25)

Además de estas características que influyen directamente en la distribución de las lluvias en el país, existe otra que es la topografía y en general los sistemas orográficos lo cual hace que se presenten grandes formaciones de corrientes ascendentes, al encontrar los vientos una superficie pendiente, de altura más o menos apreciable, por lo cual al ser arrastradas las capas superiores de la atmósfera, este aire caliente se satura de humedad y al condensarse al vapor de agua se presenta la precipitación pluvial con más frecuencia.

Estos son en general los distintos agentes causantes de la mayor o menor intensidad de las lluvias en una región, pero no obstante se debe tener presente que la proximidad del mar o de grandes recipientes de agua que evaporan ésta en gran cantidad, así como la dirección de los vientos dominantes, son también un factor decisivo en el aumento de las aguas lluvias.

Ya hemos dado las bases más o menos generales a que se debe la intensidad de las lluvias; entremos ahora a estudiar la formación de éstas en sí. Cuando la atmósfera está saturada de humedad se empiezan a formar pequeñas gotas de agua que por su tamaño no son capaces de vencer la resistencia del aire, por lo cual la formación del aguacero no se presenta; pero si estas empiezan a unirse unas con otras, poco a poco, van adquiriendo una masa mayor que en cierto momento es capaz de romper la resistencia y precipitarse a la superficie del suelo atraídas por la fuerza de la gravedad, la cual les imprime una velocidad muy grande como puede apreciarse en el cuadro que se inserta a continuación (13).

**Velocidad alcanzada por la lluvia**  
**Cuadro N° 7**

Diámetro de las gotas mm.	Velocidad metros segundo
0.1	0.32
0.2	1.30
0.3	2.70
0.4	3.20
0.5	3.50
1.0	4.40
1.5	5.70
2.0	5.90
3.0	6.90
4.0	7.70
5.0	8.00

La condensación del vapor de agua y el aumento de tamaño de las partículas, se debe especialmente a los cambios de temperatura y presión atmosférica que hacen que parte del vapor de agua que aún se conserva en la atmósfera se condense y se una a otras partículas con lo cual aumenta el volumen de estas últimas hasta llegar al límite antes anotado o sea cuando su peso no puede ser sostenido por las capas atmosféricas. Además, las corrientes de aire pueden aumentar en determinado momento la cantidad de humedad de la atmósfera al acarrear una mayor cantidad de agua en su seno, lo cual trae como consecuencia natural que en determinado momento se aumente la rata de condensación y se presente la precipitación pluvial.

En el país por su situación geográfica y su topografía, como se vió en capítulos anteriores, es sumamente accidentada; las lluvias alcanzan una intensidad muy grande, siendo muy común la presencia de precipitaciones pluviales de más de 1.500 milímetros por año variando en una forma progresiva los días de lluvia en las distintas regiones y en los distintos meses.

Como regla general se puede decir que los meses más lluviosos corresponden a mayo y abril en el primer semestre, y a octubre y noviembre en el segundo, presentándose una época de sequía más o menos marcada durante los meses de julio, agosto, diciembre y enero.

Sin embargo la precipitación pluvial anual sólo tiene una importancia relativa en cuanto al lavado del suelo ya que éste está íntimamente relacionado con la intensidad de los aguaceros, o mejor dicho, la altura media en mm. que se obtiene en relación con el número de precipitaciones durante un tiempo definido. Así, pues, para ver de un modo claro la importancia de este problema sólo basta observar el cuadro que se inserta a continuación y que muestra, en un promedio de varios años, la cantidad de lluvia de acuerdo con su intensidad diaria en varios municipios distribuidos por todo el territorio de la República. (1)

**Distribución de las lluvias en algunos municipios de Colombia.—Cuadro N° 8**

Municipios	Temperatura	Día de lluvia Total en los años de 1931 a 1939	Altura en mm. Total correspondiente a los años de 1931 a 1939	Promedio diario en mm.
Cáceres (Ant.)	29.9	1845	38.095	20.64
Medellín	21.0	1972	13.713	6.95
Porcelto +	24.3	311	6.239	20.06
Sabanalarga +	26.8	531	11.190	21.82
Armenia +	20.6	568	10.924	19.23
Manizales	17.0	1812	20.975	11.57
El Hato (Cauca)	19.6	960	24.061	25.06
Gigante +		611	8.356	13.67
Vélez +		1166	9.967	8.54
Nucha (B)	20.0	879	21.420	24.36
El Diviso (N) +	22.4	825	17.047	20.66
Ocaña +	23.0	782	8.656	11.19
Río de Oro +	27.0	479	10.935	22.82
Fusagasugá +	20.0	609	7.440	12.21
Villavieja	26.0	1257	30.717	24.87
Andagoya +	26.0	2292	37.018	24.87

NOTA.—En los municipios marcados con el signo + faltan los datos correspondientes a varios años.

En el cuadro anterior se puede observar de un modo claro que la cantidad de lluvia sólo en algunos casos alcanza un límite inferior a 10 mms. lo cual nos indica claramente, la importancia de este factor, especialmente si se tienen en cuenta los cálculos de la velocidad, explicados en capítulos anteriores, con un promedio de precipitación de 10 mms. en donde ésta alcanza límites muy altos.

Como ya se habló de la influencia de la cantidad de agua en relación con el problema del lavado de las tierras no creo necesario insistir más sobre este punto ya que la cantidad de agua está íntimamente relacionada con la intensidad de la precipitación, y en el cuadro anterior se indica en forma muy clara la importancia que tiene entre nosotros el régimen pluviométrico en relación con la erosión.

## **DESPOBLACION FORESTAL Y SU INFLUENCIA EN EL AUMENTO DE LA EROSION**

Como hemos visto en los capítulos anteriores el factor más importante de la presencia o ausencia de la erosión es la velocidad del agua recogida por la pendiente y la masa de agua disponible o que corre por la superficie.

Si aceptamos, por consiguiente, que la merma de la velocidad de las aguas que corren por la superficie es uno de los sistemas más efectivos para impedir el lavado de la tierra sólo nos falta considerar en qué forma actúan los distintos factores capaces de mermar la velocidad y la manera de aprovecharlos económicamente. Así pues, en el presente capítulo trataremos de la forestación como factor limitante en comparación con los terrenos libres de vegetación en los cuales como se verá se presenta la erosión con características más alarmantes.

Uno de los factores más importantes para disminuir la velocidad de una corriente es sin duda los obstáculos naturales ya que al chocar el agua contra ellos

pierde parte de la energía cinética y al mismo tiempo se forman remolinos en su seno que disminuyen a su vez esta velocidad. Estos obstáculos pueden ser artificiales o naturales y entre los últimos se encuentra la vegetación en todas sus formas que además de actuar como un simple obstáculo tiene otras maneras de obrar las cuales se estudiarán en detalle, dividiendo este capítulo en tres apartes principales a saber: la vegetación como obstáculo al libre curso del agua; como factor decisivo en el aumento de la infiltración y como agente de evaporación y protección del follaje contra las aguas lluvias.

El agua que corre libremente por la superficie de la tierra, de acuerdo con la ley de la gravedad, sólo merma la velocidad cuando encuentra obstáculos a su paso, este caso es el que ocurre en las partes cubiertas de bosques u otras vegetaciones, ya que los tallos y demás partes de las plantas forman verdaderas vallas al libre curso de las aguas y hacen que éstas constantemente cambien su dirección; pero en los terrenos desprovistos de vegetación el agua sigue su curso normal, pues, en éstos no encuentran resistencias de ninguna clase a no ser los pequeños repliegues de la superficie de la tierra.

Es conocido por todos, que todo cuerpo en movimiento lleva en su interior, por decirlo así, una fuerza capaz de desarrollar un trabajo el cual está de acuerdo con la masa y la velocidad según las leyes elementales de la física; esta fuerza que adquiere el agua en su movimiento, en el caso de estar cubierto el terreno de bosques, la pierde en sus repetidos choques contra la vegetación y aminora así su velocidad y por consiguiente su poder de arrastre. Aquí sólo hemos considerado las plantas por el solo hecho de ofrecer resistencia al paso del agua por medio de sus tallos, sin considerar que toda vegetación deja en la superficie del suelo, infinidad de partes muertas como son las ramas, hojas y demás componentes de la planta, verdaderas vallas al paso de las aguas corrientes. Estas ba-

rreras naturales también tienen gran influencia en la merma de la velocidad del agua, pues, son si se quiere más efectivas que la misma vegetación; y el hombre, viendo su importancia ha tratado de formar este tipo de barreras que se conocen con el nombre de terrazas y de las cuales más adelante trataremos. Además de esta circunstancia estos restos de material dan al suelo gran cantidad de materia orgánica que les transfieren su poder absorbente de humedad y les dan una cohesión mayor a las distintas partículas que lo forman (16). Estos fenómenos que se presentan en suelos cubiertos de vegetación son perfectamente ajenos a aquellos que permanecen libres de ella en donde las aguas lluvias pueden seguir los cursos normales y causar los estragos consiguientes en una proporción mayor. Este es pues uno de los factores en donde se ve claramente la importancia de la repoblación forestal en relación con la erosión.

Empero, la vegetación no sólo obra como simple

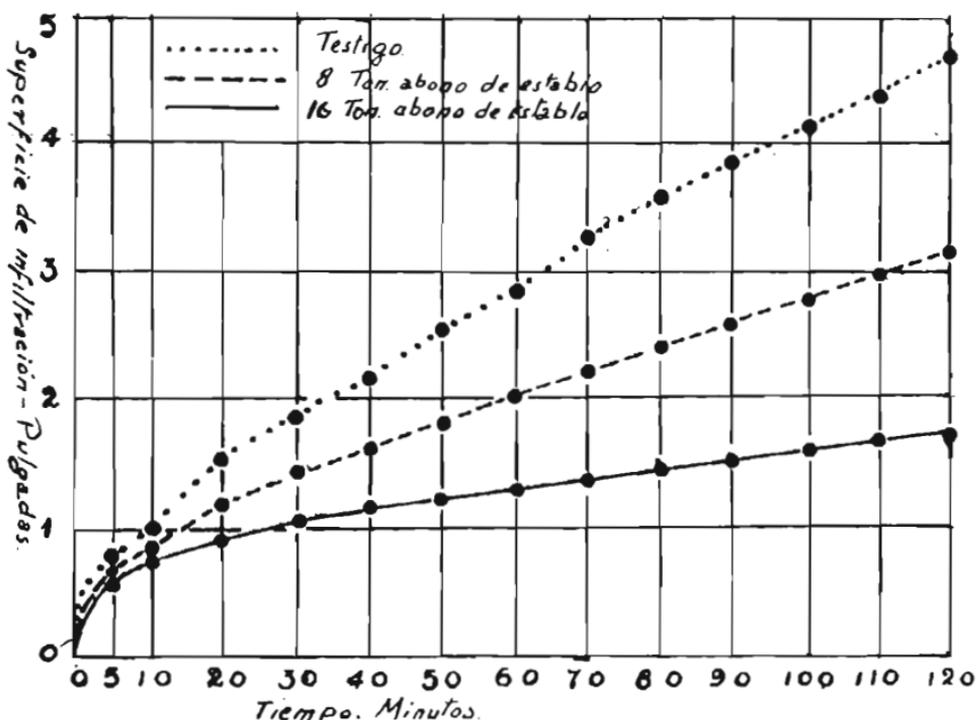


Gráfico N° 1 — absorción de agua por la materia orgánica.

obstáculo a las corrientes de agua sino que también tiene una gran influencia en el aumento de la infiltración y por consiguiente en el control de la velocidad y capacidad de arrastre de las aguas lluvias.

La mayor parte de los árboles y plantas que existen en el mundo están provistos de raíces que se introducen en el interior de la tierra por presión haciéndola más porosa; además, en el período de desarrollo estas plantas son atacadas por insectos subterráneos, hongos o enfermedades bacterianas que matan parte de los sistemas radiculares que al descomponerse incorporan a la tierra cantidades apreciables de materia orgánica y al mismo tiempo, al mermar su volumen dejan verdaderas redes de tubos capilares en el suelo que facilitan de un modo asombroso la capacidad de absorción de los suelos. La materia orgánica, que al descomponerse forman las raíces y raicillas atacadas por plagas o enfermedades, ayuda a dar cohesión mayor y al mismo tiempo a causa de los coloides orgánicos facilita la absorción y retención de la humedad en el terreno (16).

Además de obrar la vegetación, especialmente, mermando la velocidad ya sea por infiltración o como simples obstáculos, existen otras entre las cuales se encuentra el aumento de tiempo de infiltración o sea, que el agua que corre por la superficie se demora más en atravesar una extensión dada, cuando está cubierta de vegetación, que en el caso contrario, por lo cual el agua permanece un lapso mayor de tiempo en contacto con la misma superficie la cual absorbe así mayor cantidad de humedad.

Como se ve en el gráfico anterior la capacidad de absorción de un mismo terreno está en relación directa con el tiempo durante el cual está expuesto a la capa líquida, pues entre mayor sea éste, mayor cantidad de agua es capaz de pasar a través del mismo a las capas inferiores. Esto nos muestra de una manera muy clara que la vegetación aumenta la capacidad de infiltración, y como se ha dicho anteriormente, ésta influye directamente en la capacidad de arrastre

del agua por lo cual no nos queda sino concluir que la vegetación ayuda a disminuir esta capacidad y por consiguiente en terrenos cubiertos de bosques la erosión se presenta en forma más benigna o no se presenta.

Para darnos cuenta más clara de la importancia de este factor en la absorción de agua sólo nos basta citar los datos de absorción obtenidos en el Estado de San Bernardo (EE. UU.) en terrenos cubiertos de bosques y en terrenos no cubiertos lo que nos mostrará de un modo claro la diferencia entre la capacidad de absorción en uno y otro caso.

Así por los datos obtenidos se comprobó que en los terrenos cubiertos de selvas y cuando la tierra no estaba saturada de humedad, el porcentaje de absorción del agua lluvia alcanzaba un 95% mientras que en terrenos de estas mismas condiciones pero desprovistos de selvas el porcentaje de infiltración sólo alcanzaba a un 60% ; por otra parte en el mismo Estado y en las mismas condiciones de terreno, pero cuando éste estaba completamente saturado de humedad, se pudo probar que para el primer caso, es decir, terrenos cubiertos de bosques, la capacidad de absorción sólo alcanzaba a un 60% mientras que en el segundo caso sólo se obtenía una infiltración de un 5% del total de las aguas lluvias (12). Ya que se han tratado los aspectos anteriores estudiemos ahora las otras modalidades que se presentan en los terrenos boscosos y que están íntimamente relacionadas con el problema de la erosión.

Es conocido por todos los dedicados a cuestiones agrícolas como también por los químicos y en general por todos los hombres que tengan una cultura general más o menos extensa que las plantas para su nutrición y formación de sus órganos necesitan gran cantidad de agua ya que su alimento lo toman siempre en forma de soluciones supremamente débiles y la cantidad de agua adquiere proporciones enormes como puede verse en el cuadro que se inserta a continuación donde se ex-

Litros de agua consumida por varios cultivos en la producción de una libra de materia seca.—Cuadro N° 9

Cultivo	Lawes y Gilbert	Hellveigel	Wollny	King	Widtose	%
Trigo	225	359	—	—	1006	530
Avena	—	402	665	557	—	541
Cebada	262	310	774	393	—	435
Arveja	235	292	479	447	—	303
Trébol rojo	249	330	—	453	—	344
Maíz	—	—	233	272	387	297
Papa	—	—	—	423	1440	931
Frijol	214	282	—	—	—	238
Trigo sarraceno	—	371	664	—	—	518
Remolacha	—	—	—	—	662	662
Alfalfa	—	—	—	—	970	970
Porcentaje	—	—	—	—	—	530

Cantidad de agua evaporada por cultivo en un período vegetativo según M. Halla.—Cuadro N° 10

Cultivo	Libras recolectadas	Libras de materia seca	Agua evaporada durante la vegetación por Hect.	
			Ton. por Hectárea	Corresp. a lluvia en mm.
Avena	6.0	5.04	1512	151
Remolacha	72.0	8.64	2592	259
Trigo	6.0	4.92	1476	147
Habas	3.0	3.98	1195	119
Heno de gramíneas	3.6	2.02	907	90
Heno de Trébol	5.0	4.03	1209	120
Cebada	5.0	3.98	1195	119
Papas	18.0	4.49	1346	134
Coles	40.8	4.90	1469	146

presa la cantidad de agua necesaria para la formación de una libra de materia seca (15); (5).

Por otra parte la planta para poder hacer llegar las sustancias nutritivas a cada una de sus partes constitutivas tiene una circulación interna de savia bruta que consta de agua y las diferentes sustancias alimen-

ticias en solución y es una verdadera corriente ascendente que obra siempre en dirección contraria a la fuerza de la gravedad, la cual tiene que vencer por medio de la capilaridad y la fuerza del vacío que efectúa al evaporar en su parte superior parte del agua absorbida por sus raíces.

Esta evaporación es la que tiene importancia en relación con el tema que tratamos, pues esta agua evaporada y la que necesita la planta para efectuar sus transformaciones químicas solamente la puede obtener del suelo, por lo cual el agua acumulada en ésta merma constantemente y, por consiguiente el poder de absorción aumenta pues éste está en relación inversa con la cantidad de agua existente. El aumento de la capacidad absorbente del suelo es pues como se dijo un factor importante en la disminución del poder erosivo del agua que creo no sea necesario explicar.

Fuera de todas las formas como obra la vegetación como factor retardatorio de la erosión tenemos por último la influencia que ejerce como protectora de las capas superficiales del suelo cuando se presentan aguaceros de intensidad muy grande.

El follaje de los árboles obra a manera de paraguas sobre la superficie que cubre impidiendo que el agua lluvia caiga directamente sobre el suelo y con su energía produzca la dispersión de las partículas por su impacto directo. Esto es muy claro si tenemos en cuenta que las gotas de agua que caen vienen de una altura considerable y su velocidad constantemente regida por la fuerza de gravedad adquiere límites altos y así está capacitada para efectuar un trabajo que en el presente caso sería la disgregación y dispersión del suelo y que luego falto de toda cohesión es arrastrado más fácilmente por las aguas que corren en la superficie. Este caso se presenta siempre en los terrenos desprovistos de vegetación ya que no están defendidos por la cortina del follaje que recibe este impacto y evita que las partículas de agua obren directamente sobre el terreno (9).

Por otra parte una cantidad apreciable de agua queda adherida al follaje de las plantas y luégo es evaporada rápidamente lo cual tiene gran importancia si se aprecia en conjunto puesto que si rodara por la superficie de la tierra aumentaría la cantidad de agua y por consiguiente su velocidad y poder erosivo que se obtienen en función de la velocidad.

En vista de las razones expuestas anteriormente podemos decir que la vegetación tiene gran influencia en la represión de la erosión, ya obrando como obstáculo natural, ya aumentando el poder de infiltración, ya evaporando grandes cantidades de agua y por último, obrando como capa protectora de la superficie, cualidades éstas que desaparecen si se efectúa la tala de los bosques pues la tierra queda expuesta a todos los agentes naturales que causan el lavado de la superficie sin ninguna fuerza que ayude a su aminoración. Por esto se puede decir de un modo categórico que la despoblación forestal trae funestas consecuencias para el desarrollo agrícola de una nación siempre que no se haga en una forma racional y con criterio económico y técnico.

Creo que en el presente capítulo al hablar de las distintas influencias que tiene la vegetación en relación con la erosión queda explicado el caso contrario o sea las grandes desventajas que traería la pérdida de los bosques en relación con este problema.

## **EFFECTOS DE LA EROSION DESDE EL PUNTO DE VISTA AGROLOGICO, AGRONOMICO Y SOCIAL CON ESPECIAL REFERENCIA A LA PROVINCIA DE OCAÑA**

Una vez que hemos estudiado en los capítulos anteriores las causas de la erosión entramos ahora a considerar sus efectos por lo cual creo necesario el análisis de un caso concreto: la región de Ocaña, en el departamento de Norte de Santander, en la cual la erosión se presenta en todos sus grados de intensidad. Para podernos dar cuenta cabal de los efectos de este fenó-

meno en la citada región, es indispensable tener una idea de conjunto sobre su topografía, y climatología ya que en otra forma no se pueden explicar de un modo concreto los distintos factores que ayudan a plantear este problema con toda su intensidad y gradación.

La Provincia de Ocaña, Norte de Santander, está situada en las estribaciones de la Cordillera Occidental o mejor dicho en las faldas de uno de los ramales de esta Cordillera que atraviesa todo el departamento; además, está compuesta por varios centros de población entre los cuales merecen citarse ya por su topografía como por su importancia económica los Municipios de Ocaña, Abrego, La Playa y Convención, los cuales están como se dijo antes diseminados en las estribaciones de la Cordillera que forma en estas partes valles estrechos limitados por colinas de topografía más o menos abrupta con pendientes superiores a un 100%. Por otra parte la Provincia o su mayor parte tiene un clima medio caracterizado por dos épocas de lluvia muy marcadas, y durante las cuales la precipitación pluvial adquiere gran intensidad siendo muy comunes los aguaceros torrenciales que alcanzan una altura en mm. apreciable en un tiempo más o menos corto. Esta caída de lluvia es pues, si se quiere, típica de las regiones medias y tropicales del país, siendo las primeras en su mayor parte de una topografía supremamente variable.

Al hacer un recorrido por esta región especialmente entre los municipios de Convención y Ocaña se puede hacer una comparación muy típica entre las dos regiones de topografía similar y, al mismo tiempo, se puede apreciar un cambio brusco entre las dos clases de vegetación y suelo ya que los alrededores de Convención se caracterizan por una fertilidad relativamente alta mientras que en los lugares aledaños a Ocaña sólo se aprecia una vegetación pobre y presenta un aspecto de semiaridez muy marcado. Impresionado, pues, con este cambio tan brusco de vegetación y de clase de suelos, decidí averiguar las causas a que es debido, y analizando todas las circunstancias actuales y

aun de tiempos pasados, llegué a la conclusión de que la erosión es la causante de estos cambios, especialmente por ser ayudada en su acción por el hombre con los métodos empleados en sus labores de cultivo.

En efecto en el Municipio de Ocaña en donde existen suelos de mala calidad hay un núcleo de población más o menos grande en relación con el vecino Municipio de Convención y por la falta de vías de comunicación, hasta hace pocos años toda la materia prima tanto para sus industrias como para el consumo interno tenía que ser obtenida de las regiones cercanas y de más fácil acceso a los centros consumidores; estas características trajeron como consecuencia la destrucción progresiva de los bosques naturales para dedicar los terrenos desmontados a otros cultivos sin llevar a cabo ninguna medida para evitar el lavado de la tierra en estas regiones de pendientes muy fuertes. Debido a esto, la erosión poco a poco empezó a llevar a cabo su acción destructora de una manera casi imperceptible y fueron empobreciéndose estos terrenos hasta tal punto que su explotación no era económica debido a la paulatina desaparición de la capa vegetal, por lo cual fueron abandonados y las fuerzas naturales acabaron o están acabando esa obra destructora a la vez que se abrían nuevas extensiones por medio de la tala de los bosques para llegar al mismo resultado. En la actualidad, y como resultado lógico de los procedimientos adoptados, estas regiones sólo están escasamente cubiertas por una gramínea de poco o ningún valor agropecuario y que es conocida con el nombre vulgar de "paja de loma" (18).

Por el contrario, en el Municipio de Convención de población más escasa, la tala de los montes no se hizo de un modo general y solamente ahora se está llevando a cabo sin un plan técnico de explotación por lo cual los estragos de la erosión sólo empiezan a presentarse. Por otra parte el desmonte hecho en este Municipio ha sido sustituido parcialmente por plantaciones de café, las cuales por formar una especie de bosque, más o

menos, ralo ofrece una protección relativa e impide que las aguas lluvias obren de una manera más directa e intensa sobre el suelo. Todas estas circunstancias han hecho que el terreno del citado Municipio conserve una fertilidad más o menos aceptable y por consiguiente, se presente este cambio brusco en la vegetación y fertilidad de los suelos en estos dos municipios.

Por todas las circunstancias anteriores podemos ver de un modo muy claro que en esta región del país se encuentran todos los tipos de erosión, por lo cual la hemos escogido como ejemplo típico de los daños causados por el agua lluvia y para su mejor comprensión los tratamos bajo los aspectos agrológicos, agrícolas y sociales que se pueden presentar en otras regiones similares del país. Los efectos agrológicos obedecen a los distintos cambios en la estructura de los suelos ya sea física o químicamente considerados lo cual tiene gran importancia como factor limitante de las industrias agropecuarias pues éstas están en una relación íntima con el grado de fertilidad de los suelos.

El efecto de las aguas lluvias al obrar sobre las distintas clases de terreno varía en una forma tal, que no sería posible dar una idea exacta de este problema si no se hace un estudio detenido de cada uno de los tipos de erosión, pues cada uno trae consigo grandes diferencias en la manera de actuar sobre las diferentes clases de suelos, por lo cual se presentan los daños en un grado de intensidad muy variable, dificultando, por este hecho, la apreciación en conjunto del problema.

Para facilitar el estudio de éste empezaremos por determinar la intensidad de los efectos en el primer tipo de erosión o sea el **lavado de la capa superficial sin la formación de grietas o congilones** y que se conoce con el nombre de **erosión plana**, la cual obra de una manera lenta en el empobrecimiento de los suelos. El agua que corre por la superficie va arrastrando a su paso gran cantidad de partículas desprendidas de lo alto y de la capa vegetal que cubre la superficie del

terreno, especialmente aquellos que tienen un grado de finura menor como son los limos y demás constituyentes del suelo, que tienen un grado de fertilidad potencial elevada. Esta pérdida constante de material va empobreciendo de una manera más o menos rápida la superficie y trae como consecuencia la limitación de los cultivos con carácter económico e industrial, puesto que éstos están en razón directa de la buena o mala calidad de la tierra.

Para darnos cuenta precisa de las pérdidas ocasionadas por este arrastre y el empobrecimiento de los suelos que acarrea, bástanos presentar el poder fertilizante que tienen algunas sustancias especialmente los limos que son barridos por las grandes corrientes hacia el mar o ríos principales. Así, a continuación podemos ver los distintos análisis realizados en diferentes partes sobre limos de varios ríos para apreciar de un modo claro el valor de las sustancias perdidas y comparadas con la cantidad de fertilizantes necesarios para reintegrar nuevamente al suelo su fertilidad.

Análisis de algunos limos y pérdidas en fertilizantes por el arrastre de los mismos durante un año.—Cuadro N° 11

Ríos	Nitrógeno 0/000.	Acido fosfórico.	Potasio 0/000.	Carbonato de calcio.	Toneladas acarreadas en un año.	Total fertilizantes equivalentes Toneladas.
Isere	1,24	1,66	1,32	255	19.900.000	5.158.478
Durance	0,50-1,06	0,92-1,10	1,34-2,2	356,4-484,4	7 600.000	2.729 616
Verdon	0,65	0,82	2,41	452		3.714.576
Garone	0,99	1,59	3,02	124	7.150.000	926.640
Canal de Carpentras	1,15-1,51	1,01-1,12	2,9-4,0	389.452,5		

Sin embargo esta comparación no nos sirve para apreciar los distintos cambios que sufren las capas del terreno pues solamente se refiere a una pequeña parte de las pérdidas ya que gran parte de este material arrastrado se va depositando en todo el trayecto de las corrientes de agua antes de llegar a los grandes ríos de donde se ha sacado el material para verificar estos análisis.

Sin embargo, teniendo en cuenta, que el agua en su acción destructora arrastra una capa vegetal de 7 pulgadas en tiempo más o menos corto que en algunos casos alcanza a 23 años, y que para la formación de una pulgada de capa vegetal es necesario la acumulación de materia orgánica por un tiempo no menor de 331 años, se ve muy a las claras la intensidad de la pérdida tan enorme que puede acarrear el lavado de la tierra por las aguas, pues, terrenos perfectamente erodados, solamente evitando la acción del agua y sin aumentar por medios artificiales la materia orgánica y los fertilizantes, requieren un tiempo considerable durante el cual pasarán varias generaciones sin que por la sola acción de la naturaleza estén de nuevo capacitados para sostener la explotación económica de cualquier planta.

Fuera de todos estos hechos se puede citar para reafirmar la importancia de este problema la cantidad de material que en un tiempo fijo es capaz de arrastrar el agua que corre por la superficie y que según experiencias realizadas en la Estación Agrícola de Missouri la rata de pérdida por acre de los distintos cultivos es la siguiente: trigo anual 39,9 toneladas, rotación de maíz anual sin cultivo de cobertura el valor de las pérdidas causadas por la erosión alcanzan a 106,5 toneladas (12), la importancia de esta pérdida se aprecia de un modo más claro si se tiene en cuenta que los distintos separados del suelo tienen un alto contenido en materia fertilizantes como se ve en el cuadro que indica la cantidad de nutrientes de cada uno de estos elementos del suelo.

Composición química de los separados del suelo.—Cuadro N° 12

Separados del suelo.	0/00 SiO <sub>2</sub>	0/00 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0/00 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0/00 CaO	0/00 MgO	0/00 K <sub>2</sub> O	0/00 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0/00 N
Arena gruesa (1-2 mm).	93,9	1,6	1,2	0,4	0,5	0,8	0,05	
Arena fina (0,2-0,04 mm).	94,0	2,0	1,2	0,5	0,1	1,5	0,1	
Limo (0,04-0,01 mm).	89,4	5,1	1,5	0,8	0,3	4,2	0,1	
Limo fino (0,01-0,002 mm.)	74,2	13,2	5,1	1,6	0,3	4,2	0,1	
Arcilla (menos de 0,002 mm.)	53,2	21,5	13,2	1,6	1,0	4,9	0,4	
Suelos (E. U.)				1,56	0,84%	1,56	0,15%	0,10

Así pues, se ve de un modo claro la importancia de este problema en relación con el cambio de la estructura de los suelos y, por consiguiente, su empobrecimiento y desadaptación para resistir una explotación económica, y esto sólo sin considerar las otras formas de erosión que, si se quiere, presentan caracteres más alarmantes por cuanto la constitución de los suelos es distinta y en una forma más extensa. El tipo de erosión que es el más común en todo el país, se presenta en la Provincia de Ocaña en casi todas las colinas que están más o menos expuestas a la acción del agua por care-



Fig. N<sup>o</sup> 4 — Formación típica de la erosión por zanjas.

cer en su totalidad de una vegetación fuerte que impida el arrastre de las partículas del suelo. Por no existir en esta región una vegetación muy densa de pastos u otras plantas la erosión constantemente sigue haciendo sus estragos y facilita el desarrollo de la segunda forma de erosión que es más perjudicial para el desarrollo agrícola como se verá más adelante.

La segunda fase de la erosión se presenta más fácilmente en los terrenos que no están protegidos por la vegetación y en aquellos donde el agua alcanza velocidades muy altas, causa serios estragos y tal vez en proporciones mayores a los descritos anteriormente al

tratar de la erosión plana o de la pérdida de la capa superficial del terreno. Por otra parte, este tipo de erosión anula completamente las regiones en donde se presenta y en un espacio de tiempo más o menos corto, pues, en la característica de esta clase de erosión es factor de gran importancia la capacidad de corte que tiene el agua y la gran cantidad de materia que lleva en su seno la corriente, está compuesta en su mayor parte por partículas de arena y rocas en estado avanzado de descomposición elementos que se depositan muy fácilmente.

Este tipo de lavado del suelo, muy común en algunas regiones del país, especialmente en los Municipios de La Playa, Usme (Yomasa) en donde se presenta con caracteres alarmantes, se forma debido a la poca consistencia de los suelos, la velocidad excesiva de las aguas lluvias y por una serie de circunstancias que hacen que el lavado de la tierra sea más intenso.

Estudiando pues las características evolutivas de este tipo de lavado tenemos los siguientes rasgos principales que dan una idea clara del origen y manera de actuar con el transcurso del tiempo. Así, cuando las aguas lluvias alcanzan velocidades mayores de 90 centímetros por segundo adquieren la propiedad de cortar las diferentes capas del suelo en tal forma que ejecutan verdaderos canales por donde más tarde corren las aguas lluvias. Estos canales de dimensiones pequeñas en un principio tienen la forma de una V. pero a medida que corre el agua y socava el fondo y las paredes laterales poco a poco se va ampliando y toma la forma de una U. y aumenta así su capacidad. Este aumento de capacidad en los canales trae funestas consecuencias ya que al mismo tiempo que se efectúa, la velocidad adquiere una mayor fuerza debido a la relación directa entre la cantidad de agua que corre por una superficie dada, y la velocidad. El fenómeno anterior trae como consecuencia que el agua a medida que aumenta su velocidad aumenta también su capacidad de arrastre por lo cual las paredes y fondo de la concavidad

cada vez se van destruyendo y ampliando hasta llegar a unirse unas con otras y formar verdaderos cangilones de dimensiones más o menos grandes. Sin embargo, el efecto destructor de las aguas cada vez aumenta su radio de acción y ya no forma cangilones sino que siguiendo el proceso ya descrito los une entre sí dejando entre ellos columnas de altura variable que es el rasgo típico de estas regiones erodadas del país.

Empero la formación de estas columnas no sólo se debe a la unión de los cangilones entre sí sino que en



Fig. N<sup>o</sup> 5 — Aspecto típico de una región erodada

ella desempeñan un papel importante las rocas o piedras de tamaño apreciable que se encuentran en la parte superior las cuales impiden la libre acción de las aguas sobre el terreno resistiendo sus embates y jugando el importante papel de proteger la superficie que abarcan aminorando la acción torrencial de las aguas lluvias y evitando con su fuerza de cohesión los estragos de ellas.

Observando detenidamente la formación de estas columnas se comprueba de un modo claro y preciso la influencia que tienen en su formación las masas de roca en un estado de descomposición más o menos avan-

zado y las piedras que se encuentran en su cúspide; pues se nota que en algunas de ellas conocidas en la región de Ocaña con el nombre de “estoraques” las piedras que forman su parte superior o capitel por cualquier causa se han desprendido y entonces el agua ha empezado a ejercer su influencia sobre las partes ya descubiertas y la masa de tierra va perdiendo de un modo más o menos rápido la altura y llega a desaparecer al cabo del tiempo, lo cual muestra la efectiva protección que tenían estas columnas o “estoraques” cuando las piedras o masa de roca en descomposición todavía conservaban su sitio.

Este tipo de erosión se presenta especialmente en terrenos arcillosos que tienen una pendiente no muy fuerte lo mismo que en terrenos arenosos de pendientes fuertes donde el agua lluvia alcanza velocidades considerables y, por consiguiente, está capacitada para arrastrar partículas de mayor tamaño.

Económicamente se puede aseverar sin lugar a dudas que este tipo de erosión es el más perjudicial pues no sólo lava y destruye las colinas y terrenos de fuertes pendientes sino que origina un cambio sustancial en los terrenos planos adyacentes mermando de un modo asombroso su capacidad productiva a causa de los detritos que va depositando poco a poco en estas extensiones.

Estudiemos ahora para darnos mejor cuenta del problema del lavado del suelo las distintas consecuencias que trae el tipo de erosión de que nos hemos venido ocupando en relación con las regiones aledañas desde el punto de vista agrológico.

Es conocido por todos que el agua arrastra en su seno gran cantidad de material de distintos grados de finura de acuerdo con su velocidad; este material lo va depositando poco a poco a medida que pierde velocidad ya sea por los obstáculos que encuentra a su paso o por entrar a extensiones de pendientes más suaves en donde pierde su velocidad, y por consiguiente, el poder de arrastre disminuye y la mayor parte de las

partículas van quedando aventadas en el cauce el cual al tomar un nivel más alto desvía las corrientes de agua hacia otros puntos, en donde de nuevo comienza esta acumulación; al cabo del tiempo puede cubrir con el material en suspensión grandes extensiones de terreno.

Por la acumulación constante de estas partículas en los suelos laborables va cambiando poco a poco su constitución física ya que estos fragmentos están constituidos en su mayor parte por arenas, las cuales tienen una potencialidad fertilizante muy baja, pues, las partículas de alto valor como abonos son en su mayor parte las sustancias coloidales o de diámetros muy pequeños como los limos que son arrastradas por las corrientes de aguas hasta los grandes ríos de donde pasan a formar las islas, deltas, etc.

Así, pues, estas capas de material infértil poco a poco adquieren un espesor considerable por lo cual impiden que las raíces de las plantas puedan aprovechar los materiales fertilizantes que se encuentran en la capa vegetal cubierta por ellas; de esta manera las regiones antes fértiles se convierten en semi-áridas y con escaso valor agrícola, no sólo por la calidad del suelo, sino por su constitución física que impide la conservación de la humedad necesaria para el desarrollo de las plantas y forma un campo propicio para el desarrollo de la erosión por el viento.

En la región de Ocaña este fenómeno ya se está presentando especialmente en las márgenes de la quebrada La Playa que está adyacente a las colinas erodadas de este mismo Municipio como se puede apreciar en la figura número 8 en donde también se puede apreciar la formación de una vegetación xerófila característica de las regiones áridas y semiáridas del país. (18)

La destrucción de las capas vegetales no sólo ofrece aspectos de carácter agrológico, es decir, íntimamente relacionados con el suelo sino que además se presenta una serie de problemas de carácter agronómico

especialmente en lo referente al establecimiento de nuevos cultivos y a las modificaciones necesarias para poder obtener rendimientos económicos de ellos. Es conocido por todos, que las plantas para su sostenimiento, reproducción y explotación económica necesitan gran cantidad de nutrientes y de materias ricas en sustancias nutritivas como son nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos esenciales para su desarrollo. Estos elementos tan indispensables para el desarrollo de la vegetación se pierden de un modo efectivo por la acción del lavado de las aguas lluvias y los suelos pierden en parte su capacidad productiva.



Fig. N° 7 — Topografía típica de Ocaña, región de La Playa.

Al considerar los problemas agronómicos que se presentan debemos pues poner especial interés a la pérdida de fertilidad de los suelos y a las distintas características que se presentarían al hacer los cultivos bajo un criterio de conservación del suelo, ya que en dichos terrenos se deberán hacer las prácticas de cultivos en una forma perfectamente distinta de la empleada ahora y en forma que obedezca a los dictados de la técnica y la experiencia.

Este hecho se ve muy claro si analizamos el cuadro que se inserta en la página siguiente y que indica la pérdida de la capa del suelo en relación con la pendiente, clase de suelo, lluvia en milímetros y diversos cultivos.

Pérdidas en toneladas de suelo de acuerdo con los cultivos y pendientes (29).—Cuadro N° 13

Clase de suelo.	Pendiente %.	Precipitación mm.	LOTE			Cultivo.	Pérdida anual Ton. por Hect.	% de precipitación perdido.
			Número	Ancho M.	Largo M.			
Franco limoso de Sheldy	8	846,836	1	1,83	44,40	Maíz (Cultivo continuo)	183,07	24,59
"	"	"	2	"	22,20	"	151,12	28,38
"	"	"	3	"	"	Maíz, trigo, trébol	45,31	13,37
"	"	"	4	"	"	Trigo, trébol, maíz	25,59	10,68
"	"	"	5	"	"	Trébol, maíz, trigo	17,76	11,57
"	"	"	6	"	"	Trébol (abandonado) maíz, trigo	9,24	8,64
"	"	"	7	"	"	Alfalfa (cultivo continuo)	0,51	3,41
"	"	"	8	"	"	Pastos (continuo)	0,79	7,74
"	"	"	9	"	"	Barbecho (suelo removido)	276,90	26,02
"	"	"	10	"	"	Barbecho (subsuelo movido)	181,54	24,65

Clase de suelo.	Pendiente %.	Precipitación mm.	LOTE			Cultivo.	Pérdida anual Ton. por Hect.	% de precipitación perdido.
			Número	Ancho M.	Largo M.			
Franco arcilloso de Coldy	5	563,372	1	1,83	11,06	Trigo (cultivo continuo)	5,43	9,95
"	"	"	2	"	44,25	"	6,12	9,95
"	"	"	3	"	22,12	"	5,13	10,17
"	"	"	4	"	"	Pastos nativos recortados	0,22	0,64
"	"	"	5	"	"	Trigo, sorgos, barbecho, trigo.	39,01	16,31
"	"	"	6	"	"	Barbecho, trigo, sorgos	19,79	16,81
"	"	"	7	"	"	Sorgos, barbecho, trigo, sorgos	12,00	14,83
"	"	"	8	"	"	Sorgos (cultivo continuo).	32,64	17,46
"	"	"	9	"	"	Pastos nativos.	0,007	0,04
"	"	"	10	"	"	Trigo continuo sobre subsuelo.	27,50	18,75
Franca arenosa fina de Kirvi	8,75	1074,674	1	1,83	11,12	Algodón continuo (Lote corto).	32,19	16,53

Continúa en la pag. siguiente.

Viene de la pág. anterior.

Clase de suelo.	Pendiente %.	Precipitación mm.	LOTE			Cultivo.	Pérdida anual Ton. por Hect.	% de precipitación perdido.
			Número	Ancho M.	Largo M.			
Franca arenosa fina de Kirvi	8,75	1074,674	2	1,83	44,44	Algodón continuo (Lote largo).	88,33	18,76
"	"	"	3	"	22,22	Algodón continuo.	47,04	19,97
"	"	"	4	"	"	Algodón abonado.	41,24	18,52
"	"	"	5	"	"	Algodón, maíz lespe- deza.	41,43	17,50
"	"	"	6	"	"	Algodón, lespe- deza, maíz.	37,97	20,45
"	"	"	7	"	"	Lespe- deza, algodón, maíz.	35,40	16,08
"	"	"	8	"	"	Pasto, Bermuda conti- nuo.	0,51	1,51
"	"	"	9	"	"	Desnudo, barbecho, fuerte.	30,14	18,00
"	"	"	10	"	"	Algodón continuo abo- nado vegetación de co- bertura sobre subsuelo.	137,76	24,36

Clase de suelo.	Pendiente %.	Precipitación mm.	LOTE			Cultivo.	Pérdida anual Ton. por Hect.	% de precipitación perdido
			Número	Ancho M.	Largo M.			
Franco arenoso fino de Kirvi	8,75	1074,674	11	1,83	22,22	Algodón continuo abonado, en subsuelo.	164,84	22,67
"	"	"	12	"	"	Algodón continuo en subsuelo.	176,18	23,41
"	16,5	(1239,52 año 1932	13	"	11,12	Algodón continuo lote por corto.	47,69	9,10
"	"	(1242,06 " 1933	14	"	22,22	Algodón continuo.	85,44	12,70
"	"	" " " "	15	"	"	Pasto Bernuda continuo.	0,00	0,70
"	12,5	487,68 " 1931	16	"	"	Selvas quemadas.	0,47	2,60
"	"	(1158,24 " 1932	17	"	"	Selvas no quemadas.	0,02	0,80
		(1173,47 " 1933						

(Continúa en la pag. siguiente)

(Viene de la pág. anterior)

Clase de suelo.	Pendiente %.	Precipitación mm.	LOTE			Cultivo.	Pérdida anual por Hect.	% de precipitación perdido.
			Número	Ancho M.	Largo M.			
Franco arenoso fino de Nacogdoches	10	(487,68 año 1931 (1183,54 " 1932 (1165,86 " 1933	18	1,83	11,12	Algodón cultivo continuo. Lote corto.	12,52 15,27	15,80 15,40
"	"	"	19	"	22,22	Algodón continuo.	0,04	1,40
"	"	"	20	"	"	Pastor Bermuda cultivo continuo.		
"	"	"	21	"	"	Algodón continuo sembrado en subsuelo.	87,76	19,20

Del cuadro anterior se pueden sacar las conclusiones siguientes:

a) Cuando los cultivos de plantas se hacen distanciados o en forma de calles el lavado del suelo es mayor.

b) Los cultivos más densos protegen mejor el suelo en relación con la erosión.

c) Los cultivos que poseen un follaje más abundante reducen las pérdidas por erosión.

d) Los pastos y selvas reducen a un mínimo estas pérdidas por lo cual son ideales para evitar el lavado del suelo.

e) Cuando un terreno tiene subsuelo poroso o ha sido removido, las pérdidas de la capa vegetal son menores.

La pérdida de los elementos fertilizantes naturales es un factor que impide el desarrollo económico de cultivos, pues, para obtener buenos rendimientos sería necesario la aplicación de abonos y fertilizantes que ayuden al desarrollo de las plantas y contrarresten en cierto modo las pérdidas del suelo sufridas por la erosión. Este es, pues, el primer problema de carácter agrícola que se nos presenta ya que la aplicación de abonos encarece el costo de producción y sólo es aconsejable para aquellos que den un margen de utilidad grande no sólo por su extensión sino por el empleo de semillas correspondientes a variedades capaces de dar un buen rendimiento.

Por otra parte, como en el país la fabricación de materias fertilizantes sólo se está iniciando, se ve claramente que los abonos que podemos introducir recargan más el costo de producción y su aplicación no sería muy recomendable para esta clase de terrenos en donde no se obtendrían rendimientos halagadores, por la gran pobreza de ellos y alta exigencia para reparar las pérdidas causadas por la desaparición de las capas superiores del suelo.

Para apreciar la importancia de este problema bástanos decir que las pérdidas causadas por la erosión en los Estados Unidos equivalen a millones de dó-

lares y para repararlas sería necesario emplear ingentes cantidades de abonos ya que según cálculos hechos la cantidad de fertilizantes perdida alcanza a 43 millones de toneladas correspondientes a los principales fertilizantes; y en este mismo país sólo se utilizan 556.000 toneladas de fertilizantes (22). Esto pues nos muestra de un modo claro que las pérdidas de la erosión son enormes y todos los fertilizantes necesarios para repararla asumirían proporciones fantásticas y no sería en ningún caso un medio aconsejado para la lucha contra esta fuerza natural.

Como se ha dicho esta pérdida de materiales fertilizantes acarrea la desaparición de ciertos cultivos exigentes en suelos de alto valor agrícola por lo cual se presentaría aquí otro problema o sea la adaptación de nuevos y adecuados cultivos en los terrenos erodados para proteger en parte a los agricultores quienes sufren tan graves consecuencias por esta causa y evitar los problemas sociales inherentes a estos fenómenos que están en contacto con la vida diaria.

La limitación de los cultivos se debe especialmente a que las plantas para su desarrollo necesitan materias fertilizantes en proporciones fijas que cambian según las distintas especies, y si los terrenos son pobres no pueden suministrar a las plantas los elementos por los cuales tienen mayor avidez. Las demás sustancias necesarias aunque estén en cantidades superiores a las necesidades de las plantas no son aprovechadas, pues éstas sólo absorben las sales del terreno en una proporción fija por lo cual la regulación de esta absorción siempre es definida. Este fenómeno es conocido por los dedicados a las ciencias agrícolas y especialmente por los que trabajan en fertilizantes como la "ley del mínimo" (15). Teniendo en cuenta, además, que los distintos componentes del suelo tienen también distintos grados de solubilidad y desde luego distintos coeficientes de pérdidas, se ve claramente que en los terrenos erodados no se puede decir con seguridad cuáles plantas no se deben cultivar con fines económicos sin esta-

blecer verdaderas experiencias locales para obtener datos de importancia desde el punto de vista del éxito en los cultivos en concordancia con el de la economía de una región. Además, es sabido que en los suelos en donde se presenta la erosión de una manera muy intensa, las aguas escasean, ya por que corren en cantidad mayor por la superficie que se encuentra así desprovista de vegetación o porque la capacidad de retención o absorción de estos suelos ha mermado de una manera considerable por efecto del lavado del suelo, lo cual trae como consecuencia lógica que el desarrollo de las plantas ya sea silvestres o cultivadas no se realice en una forma normal, limitando por consiguiente la intensidad de los cultivos y mermando los rendimientos que hacen económica su explotación.

Estos problemas se presentan tan solo en los terrenos que sufren el lavado del agua lluvia, pues, todavía no hemos considerado los distintos casos que se pueden presentar en los terrenos adyacentes, en donde la acumulación de los materiales que arrastra el agua a su paso forma verdaderas capas estériles que día por día disminuyen la capacidad productiva de los suelos. El cambio que se efectúa por la acumulación de las materias arrastradas por las aguas que corren por la superficie, no se presenta de un modo brusco sino que por el contrario, en sus primeras manifestaciones aumenta la fertilidad de los suelos sometidos a esta acción, pues, en las primeras capas lavadas van especialmente las partículas de la capa vegetal de gran valor fertilizante que son depositadas parcialmente en tales extensiones, por lo cual, en los primeros años estas tierras adquieren un grado de fertilidad mayor que posteriormente van perdiendo a medida que la capa vegetal se cubre con las partículas de arena y demás materiales de escaso valor nutritivo.

Esta acumulación que poco a poco alcanza proporciones muy grandes va empobreciendo el terreno y limitando su capacidad productiva y al mismo tiempo impide el desarrollo de ciertas plantas. Por otra parte,

esta capa sumamente permeable hace que las aguas lluvias se infiltren con mayor velocidad y mermen la capacidad de retención, por lo cual las plantas ya no están en un medio adecuado para su desarrollo, tanto por la escasez de fertilizantes que no están al alcance de sus raíces, como de la del agua tan necesaria para su sostenimiento, y la de las materias vegetales que se encuentran en la capa primitiva del suelo y que ya no están al alcance de las raíces de las plantas por lo cual no pueden ser aprovechadas por éstas.

En la región de Ocaña que hemos tomado como caso típico, se observa toda esta serie de problemas que hemos tratado anteriormente con un carácter más o



Fig. Nº 8 — Terrenos planos que sufren las consecuencias de la erosión

menos intenso y se puede apreciar el efecto producido por estos factores, por ejemplo, en la merma de la producción de cebolla, monocultivo muy extendido en esta Provincia que es el principal centro de producción de este artículo en el país. Así pues, se ve claramente que los cultivadores de esta región sólo han podido sostener, de un modo más o menos regular, este importante cultivo con la aplicación de grandes cantidades de materia orgánica en todas las extensiones dedicadas a la siembra para lograr no sólo el aumento de la producción, sino, en cierta medida, ayudar a controlar la

erosión y mejorar un poco las características adversas a otros cultivos que se pueden establecer.

Fuera de los efectos anteriormente anotados y que son consecuencia lógica del lavado de la tierra entran también problemas de carácter económico y especialmente social, que traen funestas consecuencias para el desarrollo industrial de una región y cuya solución hay que afrontar por su importancia trascendental.

Por descubrimientos arqueológicos más o menos recientes se ha venido a comprobar que en las grandes extensiones de terreno que en la actualidad corresponden a regiones áridas y semi-áridas existían grandes núcleos de población que han ido desapareciendo y en cuyas ruinas se han encontrado las huellas inconfundibles de una civilización prebérica muy definida (2). Considerando, pues, que estos centros de población necesariamente debían derivar el sustento de los productos naturales de las tierras labrantías, no es aventurado aseverar que las tierras situadas en los alrededores de estos grandes centros tenían que ser de una fertilidad aprovechable para poder ser explotadas económica y socialmente. A pesar de esto, en la actualidad, en estas mismas tierras no existen ya terrenos laborables de ninguna clase lo cual hace creer que han ido modificándose con el transcurso del tiempo por las fuerzas naturales, ayudadas en gran parte, por los sistemas de explotación, y aprovechamiento que el hombre, en el transcurso de los tiempos, les ha dado. Esto hace ver de un modo claro el poder destructor que tiene la erosión ya no desde el punto de vista agrícola, social y agronómico sino también como factor limitante de las civilizaciones y desenvolvimiento de los pueblos, pues es de suponer que éstos una vez que se fueron empobreciendo sus tierras, buscaron nuevos lugares para establecerse, abandonando poco a poco las ciudades que pronto quedaron en la ruina.

Para reforzar más esta suposición, solamente es necesario citar las observaciones hechas en la colonia

francesa de Nigeria cuyos datos reposan en los archivos respectivos, que muestran de una manera clara el proceso de emigración debido especialmente al empobrecimiento de los suelos y a la destrucción de las regiones fértiles cercanas a los grandes núcleos de población. En efecto en la citada colonia existían, hará unos 200 años, grandes grupos de población dedicada a la industria agropecuaria de donde derivaban todos sus medios de subsistencia. Por explotar esta región de una manera empírica y no tener los cuidados necesarios para evitar el empobrecimiento de los suelos, éstos, poco a poco fueron perdiendo su fertilidad ya fuera por el lavado constante o por los sistemas empleados en su explotación, y por lo cual día tras día se encarecía de una manera alarmante el costo de la vida en forma progresiva. Por esta circunstancia se empezó a presentar el abandono de las faenas agropecuarias y paulatinamente los habitantes de estas regiones fueron emigrando para establecerse luego en regiones más fértiles donde el trabajo les diera un rendimiento económicamente mayor y en donde el costo de la vida no fuera tan elevado. A consecuencia de esto en las zonas citadas sólo quedaron aquellos que por dificultades de cualquier género no podían abandonar la región pero ya no se dedicaron a la explotación agrícola sino que iniciaron la cría de animales sobrios como el camello y la cabra que en las circunstancias reinantes les dejaban un margen de utilidad mayor. Empero una vez dedicados a esta industria fueron aumentando día por día las dificultades para sostener el régimen de vida pues las fuerzas naturales cada vez hacían mayores estragos en los terrenos semi-abandonados por lo cual estos también se vieron en la necesidad de emigrar hacia otras regiones en donde encontrarán mejores medios de subsistencia. Esto, pues, trajo como consecuencia inmediata que dichas regiones hoy día estén perfectamente abandonadas y las fuerzas naturales las hayan convertido en verdaderos desiertos en donde ya no se encuentra ninguna clase de vegetación. (2)

De lo dicho se deduce de un modo claro que la erosión trae problemas de carácter social muy serios puesto que las emigraciones se deben en primer lugar a la dificultad de subsistir en una región por el encarecimiento de la vida y el poco beneficio que pueda obtenerse de las explotaciones agrícolas todo lo cual trae como consecuencia lógica la destrucción de regiones de porvenir agrícola e industrial y con ellas la de la riqueza pública.

En la Provincia de Ocaña este problema empieza a presentarse, mas no con la intensidad del caso anterior, pero sirve para dar una idea clara de cómo obra este fenómeno en las regiones agrícolas del país, que están sujetas a los estragos de la erosión.

En efecto en el Municipio de La Playa los rendimientos obtenidos en el cultivo de la cebolla hace algunos años eran superiores en más de la mitad a los obtenidos hoy día y las utilidades que se perciben por concepto de estos rendimientos apenas sí alcanzan a sostener un standard de vida muy bajo lo cual trae como consecuencia el abandono paulatino del cultivo y el establecimiento de otras industrias o la emigración hacia regiones más fértiles y de mayor porvenir agrícola.

Es típico en este Municipio entre cultivadores de cebolla que lo hacen de una manera intensiva, y que para evitar erogaciones mayores y abaratar el costo de producción utilizan a todos los miembros de la familia. Sin embargo, a pesar de estas modalidades ya se está presentando la tendencia a la emigración a otras regiones más fértiles como son las vertientes superiores de la cordillera en donde obtienen con este mismo cultivo rendimientos superiores que pagan con creces los costos más elevados de transporte. Sin embargo el problema no reviste allí caracteres tan alarmantes en lo que respecta a la emigración pues mejorando las tierras con el empleo de fertilizantes y empleando sistemas de cultivo más adecuados, se pueden obtener rendimientos más altos en las cosechas y al mismo tiem-

po hay métodos muy prácticos y económicos para evitar el lavado del suelo por las aguas lluvias.

Por lo expuesto en este capítulo se ve claramente que los efectos de la erosión son muy variados y pueden cambiar de un lugar a otro y traer consecuencias tan distintas que solamente con un estudio a fondo, regional o por zonas, se pueden llegar a determinar de un modo preciso todas las modalidades que pueden presentarse. Creo que en el presente capítulo se ha hecho un esbozo de los efectos que el lavado del agua puede acarrear a una región sin entrar en detalles más extensos en cuanto a las diversas formas como puede presentarse atendiendo a la naturaleza de los cultivos dominantes, clases de suelos, temperamento o educación de la población agraria, etc. pues, esto requeriría constantes observaciones hechas por un espacio de tiempo más o menos largo.

## **LA SILVICULTURA Y LA REPOBLACION FORESTAL**

Como se ha dicho en los capítulos anteriores la repoblación forestal tiene una gran influencia en la represión de la erosión y es una de las medidas más aconsejables para evitar sus estragos y conservar a la vez las fuentes de aguas no sólo para usos agrícolas sino también para todos los servicios que han menester de este elemento indispensable.

Como la explotación de la tierra es la base de la vida e industrialización de los pueblos, la repoblación forestal no se puede llevar a cabo en toda clase de suelos sino que por el contrario tiene que estar limitada a aquellos que por sus características no se presten para el establecimiento de otros cultivos más económicos y de rendimientos más lucrativos. A pesar de ser la formación de bosques una de las medidas más efectivas para evitar el lavado de la tierra, por las razones ya expuestas, se ve muy claro que no es aconsejable en todos los casos y sólo se puede llevar a cabo en aquellos terrenos que tienen una pendiente mayor del 50%

donde la intensidad del lavado adquiere caracteres alarmantes y en donde es imposible el establecimiento de otros cultivos para evitar este gran mal.

En el país hay grandes extensiones de terrenos quebrados que sobrepasan este límite y los cuales en la actualidad están en su mayor parte desprovistos de vegetación, por lo cual las aguas lluvias encuentran un campo propicio para su acción y, día a día, disminuye la capa vegetal y la capacidad productora de los mismos.

No obstante, la pendiente no es el factor limitante en la siembra de bosques pues las plantas para su alimentación necesitan también ciertas condiciones de humedad, fertilidad de los suelos, sin las cuales no se pueden establecer verdaderos cultivos de plantas maderables o industriales, razón esta para que la capacidad productora del suelo sea también un factor trascendental en tratándose de la escogencia de terreno para las futuras plantaciones de árboles maderables. Por otra parte, fuera de las circunstancias anotadas es necesario tener presente, para el establecimiento en gran escala de bosques con fines comerciales, todos los factores económicos, especialmente el de los transportes, mercados, y en fin, un sinnúmero de detalles que pueden en un momento dado llevar al fracaso una explotación en gran escala establecida en una forma más o menos ligera y sin previo estudio de todos sus aspectos.

Sin embargo, la arborización hecha exclusivamente para evitar el lavado de la tierra se puede efectuar en todos los terrenos de pendientes mayores de un 50 por ciento implantando sistemas para aumentar la fertilidad de los suelos, para que éstos lleguen a ser adecuados para el desarrollo de los árboles maderables o industriales cuyo beneficio es un renglón de explotación económica.

El cambio necesario en la constitución de los suelos y su fertilidad sólo se puede alcanzar de una manera práctica por medio de los procedimientos técnicos y

racionales de cultivo y aprovechando las circunstancias naturales, pues, la aplicación de fertilizantes en estas zonas no sería desde ningún punto de vista económico, por lo cual no se puede aconsejar para ninguna clase de suelos o regiones en donde se piense establecer únicamente bosques para explotación de maderas, para defensa de las aguas o control de la erosión. El único medio adecuado para lograr de una manera eficiente y económica la adaptación de estas zonas para cultivos de plantas maderables en un futuro más o menos remoto es el establecimiento de vegetación resistente a la sequía y poco exigente en fertilizantes para que, una vez desarrollada, cambie poco a poco las condiciones del medio y del suelo por el aumento de materia orgánica y permita que la rata de percolación suba de una manera notoria. Esta vegetación que en la mayoría de los casos comprende plantas de poca altura y de valor industrial casi nulo, es la base para el establecimiento de explotaciones boscosas de importancia económica.

En estado natural se ha comprobado que la formación de bosques sólo se lleva a cabo de un modo gradual, es decir, que terrenos perfectamente libres de vegetación para llegar a soportar los árboles de gran tamaño necesitan pasar primero por las formaciones de pastos, arbustos y árboles de pequeña talla para formar así un medio adecuado al desarrollo de la vegetación de mayor tamaño; ésta es la base para la formación de los bosques, y el hombre, con todos los medios que tiene a su alcance, puede acelerarla de un modo efectivo valiéndose de los sistemas técnicos de cultivo con la seguridad de que al cabo de 10 o más años ya se encuentran capacitadas estas zonas para sufrir la explotación industrial de cualquier clase de árboles.

En vista de las circunstancias anteriores, el plan, que a continuación expongo como tipo para una repoblación forestal, considera estos aspectos por lo cual las medidas iniciales para la formación de los bosques comprende únicamente la formación de monte bajo por

medio de las plantas resistentes a la sequía y que muestren características favorables para la represión del lavado de la tierra por las aguas lluvias. Así pues, en la lista de las plantas utilizables para este fin se encuentran gran variedad de arbustos y algunos árboles pequeños los cuales sembrados en conjunto formarán verdaderos montes de alturas variables, que cambiarán el medio y facilitarán el desarrollo de plantas de mayor talla.

Cuando esta vegetación mixta, de arbustos y árboles pequeños, obtenga un desarrollo considerable, y las condiciones ambientales se modifiquen en parte, se inicia la siembra de árboles maderables e industriales los cuales por estar en un medio más natural y adecuado, pronto alcanzan desarrollo apreciable y forman verdaderos bosques cuya explotación económica tiene gran importancia.

No obstante estas circunstancias, en los primeros años de desarrollo estas plantas requieren especial cuidado sobre todo en lo referente a iluminación y aireación, por lo cual es necesario la poda periódica de los árboles de pequeña talla usados para la formación del monte bajo, y los cuales, a medida que se desarrollan los anteriores, deben ir desapareciendo. Estas labores de cultivo que en la generalidad de las veces son costosas se pueden realizar con un criterio económico, utilizando los desperdicios de las mismas, como ramas, troncos, etc. para la producción de carbón o leña lo cual traería como consecuencia el abaratamiento de estas labores y un mejor aprovechamiento de las plantas utilizadas como coberturas. Además, los desperdicios que no se pueden utilizar con estos fines se deben distribuir entre la plantación siguiendo las curvas de nivel, con lo cual se forman verdaderas vallas al paso del agua que corre por la superficie y así se obtiene una mayor protección para esta clase de terrenos.

La explotación de estos bosques debe hacerse siguiendo un plan técnico ideado en forma tal, que los terrenos no permanezcan completamente libres de ve-

getación por un período largo y que la resiembra de plantas se efectúe de una manera sistemática y utilizando varias especies de árboles para evitar el ataque de plagas y enfermedades.

En la formación de bosques ya sea con fines industriales o para evitar la erosión se debe tener muy en cuenta la utilización en una misma zona de diferentes especies de plantas, para formar bosques heterogéneos que tengan una mayor protección contra los insectos, hongos y bacterias que en determinadas circunstancias puedan destruir las plantaciones. La razón de este procedimiento es muy simple, ya que las distintas parcelas de árboles maderables obran como verdaderas vallas de defensa al reducir el área de multiplicación de las plagas y enfermedades que no encuentran un medio propicio para su propagación, puesto que, debido a la diferencia esencial de las plantas cultivadas en cada parcela, se encuentran con otras especies de árboles desadaptados para su alimentación y desarrollo.

Hasta ahora sólo he tratado de un modo general la formación de los bosques, ya sea con fines industriales o para reprimir la erosión, por lo cual creo conveniente entrar a analizar las distintas plantas utilizadas para la formación de bosques con los fines antes enumerados. La mayor parte pertenecen a la familia de las leguminosas, en la cual se encuentran una diversidad de especies y entre ellas unas que apenas sí alcanzan alturas inferiores a 30 centímetros, mientras que, otras son verdaderos árboles de gran tamaño que suben a más de 10 metros. Además, muchas de estas plantas tienen aplicación industrial por lo cual he tratado de preferencia esta familia que posee además características de gran valor cuando se quiere desarrollar un programa de conservación de suelos bien orientado como se verá en el transcurso de este trabajo.

La característica principal de los vegetales pertenecientes a esta familia, consiste en la fijación del nitrógeno del aire, substancia ésta esencial para el des-

arrollo de las plantas y reguladora de la fertilidad de los suelos.

Este importante fenómeno se debe a que la mayor parte de estas plantas viven en simbiosis perfecta con bacterias fijadoras del nitrógeno del aire, conocidas con el nombre de **Azotobacter** que se desarrolla en los tejidos radiculares de la planta sin causarle ningún perjuicio. Además entre las plantas pertenecientes a esta familia se encuentra una gran cantidad que puede utilizarse en explotaciones industriales como sería el Algarrobo, **Hymenaea Courbaril** L., usado para la extracción de resinas básicas en la fabricación del barniz copal, el barbasco que se extrae de varias especies pertenecientes al género **Lonchocarpus** y algunas **Telephrosia** y que es muy conocido por sus propiedades insecticidas. Varias especies de **Cassia** producen gran cantidad de resinas y gomas utilizables para muchos fines en la industria manufacturera (8).

Ya que se ha tratado de un modo general la formación de los bosques con el fin de evitar el lavado de las aguas lluvias como también con fines económicos, es importante indicar a continuación las plantas más adecuadas y así poder establecer verdaderas campañas de arborización con el doble fin de controlar la erosión, defender los nacimientos o cuencas de los ríos y quebradas y crear un renglón económico bastante apreciable.

**Género Acacia** (Acacias) Este género de plantas que se cultivan con fines ornamentales en varias regiones del país tiene una distribución climática y muchas de ellas se utilizan para la obtención de maderas, gomas, resinas, esencias aromáticas y otros productos de gran valor comercial. Entre las especies de este género se encuentran varias que, además de ser utilizadas por sus productos sirven para evitar el lavado de las aguas lluvias y, por consiguiente, para la formación de bosques de defensa.

Entre las principales variedades encontramos en primer lugar la **A. armata** R. Br., un árbol de tres a

cuatro metros de altura, que se desarrolla en los climas fríos y templados, creciendo en una forma muy normal en los terrenos secos y arenosos, por lo cual es muy recomendada para la formación de bosques primarios en aquellas regiones en donde el lavado de las aguas lluvias se presenta con gran intensidad y forma zanjas. Sin embargo, por no tener una utilización económica inmediata sólo se emplea como árbol de cobertura mientras modifica el medio y lo hace propicio para la plantación de árboles maderables o industriales.

La especie **A. decurrens** Willd cultivada como ornamental en varias regiones tiene los mismos usos que la anterior y se adapta como ésta a terrenos arenosos y secos creciendo perfectamente en los climas medios y fríos.

La **A. Farnesiana** (L.) Willd (aroma) que ha sido introducida hace algunos años al país con fines ornamentales se desarrolla bien en climas medios y fríos, en terrenos arenosos y cascajosos, siendo muy resistente a la sequía por lo cual es utilizada para evitar la erosión. Además esta especie es muy apreciada por las esencias aromáticas que se extraen de sus flores y que son muy utilizadas en perfumería como también por ser una planta melífera de muy buenas condiciones y maderable.

**A. latifolia** Benth, **A. longifolia** Willd. Estas especies aunque no tienen un valor muy alto en la represión de la erosión pueden ser utilizadas para este fin en combinación con otras plantas más apropiadas, pues es necesario que el establecimiento de bosques se haga en forma múltiple incluyendo varias especies para evitar la propagación de las plagas y enfermedades lo cual traería consecuencias muy desastrosas. Estas especies se utilizan en la misma forma que la **A. armata** R. Br. y están adaptadas a regiones en donde la erosión no ha alcanzado un grado de desarrollo muy avanzado.

**A. melanoxyton** R. Br. Esta especie que se desarrolla en climas medios y fríos, y en terrenos pendientes

con un grado de fertilidad muy bajo, es recomendada especialmente para cubrir campos que posteriormente se van a dedicar a actividades de silvicultura. Su madera es apreciada y de buena calidad siendo muy usada para la obtención de postes y la fabricación de cajones.

Algunas de estas especies no son nativas y han sido introducidas especialmente con fines ornamentales, pero pueden utilizarse, con otras existentes en el país, para la represión de la erosión, ya sea como árboles transitorios o de protección o para su explotación económica.

**Género Albizia.**—(Carbonero-Pisquín). Este género, que tiene representantes en el país distribuidos en todas nuestras regiones de clima medio, es de una gran importancia para la represión de la erosión por ser una de las mejores fuentes de materia orgánica y al mismo tiempo desarrollarse en terrenos más o menos pobres; por otra parte, la especie **A. carbonaria** Britton es comúnmente usada entre nosotros como sombrío de los cafetales por lo cual tiene gran importancia; las especies principales y más adaptables para la formación de bosques con el fin de evitar el lavado de la tierra son, en primer lugar, la **A. julibrissin**, Durazzini que es originaria de las regiones cálidas del Asia y se adapta perfectamente a nuestros climas medios y cálidos, creciendo en una forma vigorosa en terrenos pobres, por lo cual es muy adaptable para la represión de la erosión. Además, esta especie usada en muchos lugares como ornamental llega a alcanzar alturas considerables. En segundo lugar, tenemos la especie **A. carbonaria** Britton distribuida en todo el país y conocida con el nombre vulgar de "Pisquín" (Antioquia) (4). Se adapta con alguna dificultad a terrenos erodados pero puede ser usada en aquellos en donde no se ha presentado el lavado total de la capa vegetal. No obstante esta especie no debe ser sembrada sino en combinación con otros árboles, pues es fuertemente atacada por un taladrador perteneciente a la familia

**Cossidae** y a la especie **Xyleutes lelex** Dogn. que causa verdaderos estragos en el tronco y ramas principales.

**Género Cassia.**—(Cañafístula macho-Alcaparro etc. etc.) En el país existen grandes cantidades de variedades pertenecientes a este género distribuidas en todos los climas, especialmente en los medios y cálidos, condiciones diversas de terreno, encontrándose indistintamente en regiones áridas o fértiles, lo cual hace pensar en el aprovechamiento de muchas de ellas como vegetación de cobertura para los terrenos lavados, pues muy pocas tienen importancia como plantas industriales; estas plantas deben ser estudiadas más detenidamente en relación con la erosión, realizando experimentos para determinar cuáles de ellas se adaptan mejor a las condiciones adversas del medio ambiente y pueden tener una importancia industrial ya que en otros países las utilizan para este objeto.

**Género Ceratonia.**—Este género comprende plantas usadas, para la alimentación de los animales, como forraje, especialmente la especie **C. siliqua** L. que, además de proporcionar un alimento nutritivo, por sus condiciones de crecimiento se hace muy usual para controlar la erosión en los terrenos pobres y de pendientes fuertes, siendo muy resistente a la sequía y poco exigente en cuanto a condiciones climatéricas, alcanzando desarrollo normal en los climas medios y cálidos.

**Género Cercidium.**—Este género está muy distribuido en la América especialmente en las regiones de climas templados y calientes; se utiliza en varios casos para la alimentación del hombre y de los animales domésticos, siendo además muy resistente a las sequías, razón ésta que la indica para los terrenos erodados. Entre las principales especies se encuentran la **C. floridum** Benth. y **C. praecox** R. & P. Harms., esta última muy distribuida por todo el territorio de la república especialmente en los climas medios y cálidos. La primera especie, que no se ha encontrado en el país hasta el presente, se utiliza en otras partes para evitar los

deslizamientos en las carreteras, al mismo tiempo que utilizan su madera la cual es de buena calidad; por otra parte es recomendada su siembra en terrenos en donde el fenómeno de la erosión se presenta.

**Género Chamaecrista.**—Este género muy similar al género *Cassia* con el cual es fácil confundirlo, es también recomendable como planta de cobertura, pues tiene un follaje bien distribuido y, además, es una de las que poseen la propiedad de compactar el suelo, por lo cual se hace ideal para evitar el arrastre de las capas superiores. Por otra parte esta clase de plantas que tiene más de 26 especies distribuidas en nuestros climas medios y cálidos posee una resistencia muy alta a la sequía y se reproduce en muy buenas condiciones en los terrenos áridos (3).

**Dolichos labrab L.**—Esta especie que en el país se encuentra distribuida a través de todos nuestros climas medios y cálidos tiene gran importancia por adaptarse perfectamente a terrenos pendientes más o menos pobres y especialmente, en un ambiente sombreado, por lo cual se recomienda de preferencia como planta de cobertura en terrenos cultivados con frutales o en donde el lavado del suelo se presenta en forma intensa. Además estas plantas se utilizan como forraje y como abono verde, de gran valor, sobre todo cuando se trata de plantaciones de árboles frutales. También se podría utilizar en la represión de la erosión especialmente en los cafetales, siempre y cuando las experiencias practicadas al respecto, demuestren una adaptabilidad suficiente, pues es conocido por todos que el sombrío y las condiciones del cultivo del cafeto son bastante distintas a las que se usan en las plantaciones de frutales debido al medio ambiente que en estos últimos es más seco y han menester mayor luminosidad (8).

**Género Erythrina.**—Entre las plantas pertenecientes a este género se encuentra una diversidad de formas muy variadas ya que algunas de ellas alcanzan alturas de más de 10 metros como la *Erythrina glauca* Willd. (Cachimbo) mientras que otras sólo alcanzan

una altura de 2 metros y toman un aspecto de verdaderos arbustos como sucede con la **Erythrina corallo-dendron** L. (Chocho). Entre las especies más importantes se encuentra la **E. glauca** Willd. usada entre nosotros como árbol de sombrío en los cacaotales, pero que en el presente caso no tiene importancia; en cambio la **E. edulis** Triana (Chachafruto) es un árbol muy común en nuestros climas medios, resistente a la sequía y aprovechable por sus frutos comestibles que son usados en la alimentación humana y especialmente para la crianza de los cerdos. Las otras especies de **Erythrina** que se encuentran en el país no tienen aplicación económica y aunque muchas de ellas pueden ser usadas para la represión de la erosión no son muy recomendables debido a que la mayor parte de ellas contienen un alcaloide que es venenoso para el hombre y aun para los animales.

**Género Indigofera.**—(Añiles) Los representantes en el país de este género están especialmente distribuidos en las regiones cálidas, y en terrenos secos y arenosos por lo cual serían aprovechables para evitar el lavado de la tierra en estas regiones y al mismo tiempo para la extracción de tanino y especialmente de índigo, pues la mayor parte de las plantas pertenecientes a este género poseen una cantidad apreciable la cual podría ser aprovechada y dar lugar al establecimiento de una industria nueva.

**Género Inga.**—(Guamos) El género Inga comprende una cantidad de plantas muy grande que se ha conocido con el nombre vulgar de “guamos” o “guabos” las cuales están distribuidas a través de todos nuestros climas, especialmente en los medios y cálidos en donde se usan como sombrío para los cafetales. Por crecer estas plantas en condiciones tan variadas de climas y suelos sería conveniente el estudio de todas aquellas que se desarrollen en terrenos pendientes y en suelos secos, ya sean arenosos o arcillosos, para una vez determinadas las que mejores características presenten, se propaguen con el fin de evitar la erosión. Sin

embargo, creo conveniente advertir que estas plantas tienen muchos enemigos naturales entre los cuales se encuentra el insecto chupador conocido vulgarmente con el nombre de **palomilla algodonosa de los guamos** y que corresponde a la denominación técnica de (**Poeciloptera Phalaenoides** L. —familia Fulgoridae— Orden Homóptera) y un taladrador de los tallos perteneciente a la familia Cossidae, género Xyleutes, el cual ataca en forma similar al Pisquín (*Albizia carbonaria* Britton) por lo cual es indispensable que al usar estas plantas como protectoras del suelo se tenga en cuenta, esta circunstancia, al efectuar la siembra de estos árboles para no formar bosques homogéneos que pueden traer serios inconvenientes; este factor también debe tenerse en cuenta para la formación de cualquier clase de bosques ya sea con el fin de evitar la erosión o con carácter industrial, pues muchas de las plantas usadas para estos fines son atacadas por plagas de importancia que en un corto tiempo las destruirían perdiéndose, por consiguiente, los efectos benéficos que estaban realizando en la conservación de los suelos.

**Parkinsonia aculeata** L. (Retama). Esta especie que en el país se cultiva con fines ornamentales crece en climas medios, de suelos secos por lo cual es muy usada en la represión de la erosión y además se puede aprovechar para la obtención de leña o carbón en las regiones en donde es económica la explotación de este ramo industrial. (3 y 8)

**Poinciana regia** Boj. (**Delonix regia** (Boj.) ( Raf). Este árbol que alcanza gran altura crece en forma natural en nuestros climas medios, se usa para la obtención de madera de buena calidad, pero tiene el inconveniente de ser muy quebradiza (22), cuando está seca; tiene una densidad de 0.506 y una resistencia de 15 kilogramos. Por desarrollarse en climas medios y partes áridas se puede recomendar su propagación en las zonas en donde se presenta la pérdida de la capa vegetal del suelo.

**Género Robinia.**—Este género hasta el momento no tiene ejemplares en el país, pero por ser uno de los mejores para evitar el lavado de las tierras, cuando éste ha alcanzado un grado muy alto, creo conveniente anotarlo entre las plantas usadas para controlar este fenómeno. La especie **R. pseudo-acacia** L. es propagada en grande escala en la región de Texas (EE. UU.) con este fin, y además, utilizada para la alimentación de los animales y como fuente para la extracción de leña, carbón y postes. (8)

**Género Tephrosia.**—(Barbascos) Este género que comprende varias especies tropicales, carece de un modo silvestre en nuestros climas medios y cálidos y en regiones áridas; tiene gran importancia no sólo desde el punto de utilización para evitar la pérdida de las capas superiores del suelo, sino también como fuente para la extracción de un alcaloide (la Rotenona) que se utiliza en gran escala para la destrucción de plagas en los cultivos, pues es un insecticida muy energético.

Las principales especies de donde se obtiene este producto son: **T. toxicaria** (Sw.) Pers. **T. piscatoria** Pers y muchas otras que se encuentran diseminadas por el país, pero hasta el momento no se ha realizado una clasificación botánica ni un análisis químico que permita definir de un modo exacto cuáles de ellas tendrían aplicación industrial, para así entrar a determinar las más recomendables para conservar la fertilidad de los suelos y que tengan aplicación industrial (25).

**Pithecellobium dulce** (Willd.) Benth.—Esta planta, que alcanza un desarrollo bastante grande, es conocida en muchas regiones con el nombre de **Chimnango** y se encuentra distribuida en los climas cálidos desarrollándose en buenas condiciones en las colinas de pendientes fuertes y en suelos pobres y secos. En algunos países se utiliza esta planta como forraje y como árbol maderable, pero en el país no se le da ninguna aplicación económica. Esta planta por sus características puede ser usada en la represión de la erosión en

combinación con otras pertenecientes a este mismo género que tienen hábitos de crecimiento similar (24).

**Pueraria Thumbergiana** Benth.—Esta planta utilizada en los EE. UU. para la conservación de los suelos, tiene además, gran importancia para la alimentación de los animales domésticos, ya sea para el pastoreo o para la obtención de heno. La adaptabilidad de esta planta a todos los climas y especialmente a los suelos de un Ph. elevado (grado de acidez), la hacen ideal para la introducción y propagación en nuestro país cuyo suelos son, generalmente, muy ácidos. El análisis químico de esta planta que doy a continuación indica de un modo claro el gran poder alimenticio que tiene esta importante leguminosa originaria del Japón y conocida vulgarmente con el nombre de “kudzu”.

#### Análisis del “KUDZU”

Materia seca .....	30,6
Proteínas digeribles .....	4,2
Nutrientes digeribles .....	19,4
Relación nutritiva .....	1 : 3,6
Proteínas .....	5,5
Grasas .....	1,0
Extracto de Nitrógeno .....	13,6
Materias minerales .....	2,2
Fósforo .....	0,88

La lista anterior comprende plantas de la familia de las leguminosas que crecen en condiciones adversas de suelo y medio, tienen en nuestro país muchos representantes y algunas de ellas existen en estado silvestre, o se cultivan con fines ornamentales, siendo, la mayor parte de éstas últimas, introducidas al país hace pocos años. Casi todas las plantas de la lista anterior se utilizan como vegetación transitoria o primaria, que tiene por objeto modificar en forma más o menos intensa las condiciones del suelo, para permitir así la propagación de otras plantas de mayor rendimiento económico. Sin embargo, muchas de estas plantas pueden ser

aprovechadas con fines industriales y su establecimiento en regiones erodadas y en formaciones boscosas heterogéneas, queda a la libre elección de los interesados en estas actividades.

No obstante para la formación de estos bosques deben seguirse las normas generales dadas en este capítulo y tener gran cuidado en no propagar una sola planta para evitar la formación de bosques homogéneos, pues esta forma de cultivo sería inconveniente como se anotó anteriormente.

Para terminar este capítulo dedicado, especialmente, a la forma como debe llevarse a cabo la repoblación forestal creo necesario estudiar algunas de las plantas más importantes para usos industriales ya que el establecimiento de cultivos de árboles maderables tiene gran importancia para la economía del país, y además, sirve para evitar la erosión en los terrenos de pendientes muy fuertes. Estos árboles se pueden considerar como vegetación permanente la cual debe ser explotada en una forma racional y metódica de acuerdo con las normas señaladas al principio.

En el país existe una gran variedad de árboles maderables y de explotación industrial, distribuidos a través de todos nuestros climas, los cuales, propagados de una manera metódica y explotados técnicamente, serían una fuente de riqueza para las personas dedicadas a estas actividades. A continuación trataré de las más importantes, pues, un estudio detallado al respecto en cuanto a sistemas de propagación, calidad de suelos y clima, no se podría hacer sino con un trabajo especial dedicado exclusivamente a este asunto.

**Comino (*Aneba perutilis* Hems.).**—Este árbol que se desarrolla en estado natural en nuestros climas medios y calientes produce una madera de las más apreciadas, no sólo para construcción sino para ebanistería, por lo cual adquiere precios muy buenos en nuestro mercado, y sin lugar a dudas es una de las mejores maderas tropicales y de mercado más fijo. Fuera del color y demás características de distribución de la

fibra, esta madera posee las siguientes cualidades que la hacen muy apreciada en las construcciones: Módulo de ruptura 1.040, módulo de elasticidad 141,643, densidad 0,71, con presión normal a la fibra 88. Posee además, esta madera una cualidad muy importante que consiste en la resistencia al ataque de los insectos xilófagos debido a los aceites y resinas que contiene y que obran como repelentes (21).

**Aguacatillo (*Persea petiolaris* H. B. K.)** Se encuentra muy distribuido en forma natural en nuestros climas medios y es una madera muy apreciada por las siguientes características: Módulo de ruptura 753, Módulo de elasticidad 116,670, densidad 0,54, compresión normal a la fibra, 54.

**Cedro (*Cedrela odorata* L.)**.—Este nombre comprende varias especies pertenecientes a este género, pero la de mayor demanda en el mercado es la correspondiente al nombre técnico anterior por lo cual nos ocuparemos de ella en especial. Este árbol que se encuentra en estado natural en nuestros climas calientes puede adaptarse sin mayores dificultades a las regiones templadas y de temperatura un poco más baja; es muy apreciado para la construcción de muebles, puertas y en general, para la ebanistería y construcción; su madera tiene las siguientes características: Módulo de ruptura 606, módulo de elasticidad 101, 206, densidad 0,53, compresión normal a la fibra 46. (21).

**Nogal (*Juglans columbianus* Dode)**.—Este árbol que crece casi silvestre en nuestros climas fríos tiene una madera muy apreciada para construcción y ebanistería; se desarrolla en suelos más o menos ricos, adaptándose fácilmente a nuestros climas medios en donde adquiere un desarrollo considerable. Su madera tiene las características siguientes: Módulo de ruptura 601, módulo de elasticidad 175,003, densidad 0,86 compresión normal a la fibra, 143.

**Otobo (*Myristica otoba* H. et B.)**.—Esta planta que es una de las más importantes en nuestras zonas calientes, se puede adaptar de un modo más fácil a

nuestros climas medios; está muy propagado en el Valle del Cauca en donde se cultiva para la extracción de una resina muy usada para el tratamiento de las enfermedades producidas por ácaros. Además, esta planta produce una madera más o menos aceptable para las construcciones y tiene las siguientes características: Módulo de ruptura 671, módulo de elasticidad 106,125, densidad 57, compresión normal 73.

Este árbol, como se dijo anteriormente, además de producir madera comercial es la base para la extracción de una sustancia grasosa conocida con el nombre de "Otoba" y que se emplea como insecticida, especialmente contra los ácaros con resultados satisfactorios; además, algunos ganaderos aseguran que tiene un poder de mortalidad alto contra las garrapatas de los ganados pero esto hasta el momento no ha sido comprobado, siendo por consiguiente una simple suposición; en cambio se ha confrontado que puede sustituir con ventaja las emulsiones de petróleo para la lucha contra los insectos chupadores de las plantas cultivadas aventajando a éstos últimos especialmente en su fácil elaboración y transporte.

Este árbol, pues, es uno de los que presenta mejores ventajas para la explotación económica ya que en sus primeros años de desarrollo cuando no ha alcanzado un desarrollo tal que permita aprovechar la madera se puede explotar para la obtención de la resina que tiene un mercado muy extenso y posiblemente en un futuro más o menos cercano se convierta en un renglón importante en la economía nacional.

**Roble (*Quercus Humboldtiana* Kunth).**—Posee madera muy solicitada que tiene las características siguientes: Módulo de ruptura 884, módulo de elasticidad 146.899, densidad 0,80, compresión normal a la fibra 98. Este árbol que crece en nuestros climas más cálidos puede desarrollarse en los climas medios en suelos de una fertilidad más o menos alta.

**Pino (*Cupressus* sp. Medellín).**—La madera de este árbol es muy usada para la construcción de cajones

y se le da el nombre de pinotea, siendo empleada en muchos casos para construcción y ebanistería. Posee las características siguientes: Módulo de ruptura 556, módulo de elasticidad 63,839, densidad 0,46, compresión normal a la fibra 68. Los climas más aconsejados para la propagación de este árbol son los medios y fríos en donde se desarrolla en magníficas condiciones.

NOTA: Las características de las maderas dadas en este capítulo no son las mismas para todas las maderas obtenidas en distintas regiones, pues éstas varían de un modo muy notable según la constitución de los suelos, épocas de corte y grado de humedad.

Además de las plantas antes enumeradas existen en el país diversidad de maderas aprovechables para muchos usos y de las cuales no me he ocupado. El mismo caso ocurre con las plantas de aplicación industrial por sus resinas o gomas y entre las cuales sólo hablaré del Algarrobo por ser una planta extendida en nuestros climas cálidos y que produce una resina de gran importancia para la fabricación del barniz copal

**Algarrobo (*Hymenaea Courbaril* L.).**—Este árbol tropical que como dije anteriormente se encuentra en casi todos nuestros climas ardientes, se explota en grande escala en otros países por la resina que produce la base para la fabricación del barniz copal muy usado en los trabajos de ebanistería. Este árbol se puede aprovechar en la formación de bosques heterogéneos en las regiones cálidas en donde se presente el lavado de la capa vegetal por las aguas lluvias (24).

Además de los árboles maderables, enumerados anteriormente, existen en el país una gran cantidad de especies diseminadas en todos nuestros climas, las cuales son utilizadas industrialmente, en el ramo de construcción y ebanistería.

A continuación citaré algunos de los más importantes, usados en la región del Caribe y del centro del país como árboles maderables, los cuales servirían para el establecimiento de bosques industriales en las distintas zonas, de acuerdo con las condiciones ambientales.

## Zona del Caribe y valle central del río Magdalena.

Abarco .....	<i>Cariniana pyriformis</i> Mier.
Ceiba colorada o Ceiba del Tolú.....	<i>Bombacopsis quinata</i> Dugand.
Carrete .....	<i>Aspidosperma Dugandii</i> Standl. <i>Aspidosperma Curranii</i> Standl.
Cativo .....	<i>Prioria copaifera</i> Griseb.
Cedro .....	<i>Cedrela mexicana</i> Roem. <i>Cedrela fissilis</i> Vell.
Caoba .....	<i>Swietinia macrophylla</i> king.
Masábalo .....	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.
Roble, ocobo .....	<i>Tabebuia pentaphylla</i> Nichols.
Canalete, solera.....	<i>Cordia alliodora</i> Cham. <i>Cordia gerascanthoides</i> . H. B. K.

## Zona de la parte central del país.

Pino hayuelo chaquirero .....	<i>Podocarpus taxifolia</i> HBK.
Pino romerón .....	<i>Podocarpus macrostachya</i> Parl.
Roble .....	<i>Quercus granatensis</i> H. & B. y otros.
Cedro .....	<i>Cedrela bogotensis</i> Tr. & Pl. <i>Cedrela montana</i> Turcz.
Piñón o carito.....	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> Griseb.
Quebracho, diomate.	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.
Dinde, Palomora....	<i>Chlorophora tinctoria</i> Gaudich.
Jigua, laurel .....	<i>Ocotea</i> sp.
Aceite, palomaría ..	<i>Calophyllum mariae</i> Tr. & Pl.
Guayacán jobo .....	<i>Centrolobium</i> sp.
Chicalá, cañaguatè..	<i>Tabebuia spectabilis</i> Pl. & Lind.
Guayacán polvillo...	<i>Tabebuia chrysantha</i> Nichols.
Coralibe .....	<i>Tabebuia Billbergii</i> Standl.

El conocimiento de los árboles maderables y de explotación industrial es un tema que sólo se podría desarrollar en un trabajo extenso realizado de un mo-

do cuidadoso y rico en detalles por lo cual en el presente estudio sólo he querido dar una base general sobre este problema en cuanto al establecimiento de bosques para evitar la erosión y la forma más recomendable para aprovecharlos económicamente.

## FORMACION DE PATIZALES PARA EVITAR LA EROSION

Como hemos visto en los terrenos de pendientes mayores del 30 por ciento el establecimiento de cultivos, aun cuando sea en franjas, terrazas o por otros medios adecuados para evitar el lavado de las aguas lluvias no es económico, por lo cual, para evitar los daños causados por la erosión sólo es posible el cultivo de pastos de cobertura y pastoreo por medio del cual se obtiene una protección adecuada para la superficie de la tierra y, al mismo tiempo se aprovechan los suelos en las explotaciones pecuarias que no dejarían utilidades muy grades en otras zonas de valor agrícola apreciable, dado su alto precio por unidad de superficie.

Las razones expuestas en los capítulos anteriores en relación con los árboles y, en general, con la vegetación como factor limitante en el desarrollo de la erosión son similares, por lo cual no creo necesario estudiar éstas en detalle y sólo se tratará ahora de las cualidades que deben tener los pastos para que su acción benéfica se pueda ejercer de una manera más eficaz.

Así, pues, los pastos para ser utilizables en la represión de la erosión deben tener, en primer lugar, una gran resistencia a la sequía, pues, sin esto no se desarrollarían de un modo normal y sólo alcanzarían a cubrir una pequeña parte del terreno erodado y la acción de las aguas lluvias seguiría haciendo sus estragos en las regiones no cubiertas; por otra parte, las raíces de estos pastos deben ser muy extensas y en gran número para que aprisionen entre ellas las distintas partículas del suelo e impidan su arrastre y, al mismo tiempo, les den una mayor capacidad de infiltración que influirá

directamente sobre la capacidad de arrastre de las aguas lluvias. Además de esta característica, los pastos adecuados para evitar este grave problema deben tener un poder de macollamiento extraordinario, formar verdaderos colchones o capas sobre la superficie y evitar de este modo que las aguas lluvias lleguen a alcanzar velocidades grandes que perjudiquen las regiones de pendientes fuertes, y en fin, deben ser agradables al gusto del ganado, (palatabilidad) y tener un coeficiente de nutrición alto.

Estudiando la lista que corresponde a los pastos usados en otros países para la represión de la erosión y observando especialmente a aquellos que existen en el país, podemos decir con seguridad cuáles pueden ser usados en las distintas zonas con fines industriales y de acuerdo con su comportamiento en relación con las diversas condiciones ambientales (7).

Agropyron	dasystachyum (Hook) Scribn
"	elongatum Host.
"	inerme. Rydberg.
"	pungens Roem. et Schult.
"	sibiricum Beauv.
"	smithii Rydb.
"	spicatum (Pursh.) Scribn et Smith.
Andropogon	furcatus Muhl.
"	scoparius Michx.
Bouteloua.	gracilis (H. B. K.) Lag.
"	curtipendula (Michx.) Torr.
Bromus	carinatus Hook et Arn.
"	marginatus Nees.
Buchloe	dactyloides (Nutt.) Engelm.
Calamagrostis	pseudophragmites
Chloris	Berroi Arech.
"	gayana Kunth.
Elymus	canadiensis L.
"	condensatus Presl.
"	dahuricus Turcz.
"	glaucus. Buckl.

Elymus	junceus Fisch.
"	sibericus L.
"	triticoides Buckl.
Eragrostis	curvula Nees.
"	lehmaniana Nees.
Hilaria	belangeri (Stoud.) Nash.
"	jamesii. (Torr.) Benth.
Hordeum	bulbosum L.
"	nodosum L.
Hyparrhenia	hirta (L.) Stapf.
Oryzopsis	hymenoides (Roem. et Schult.) Ricker,
Panicum	virgatum L.
Pennisetum	clandestinum Hochst.
Poa	ampla Merr.
"	nevadensis Vasey.

De la lista anterior destacamos especialmente el pasto kikuyo denominado científicamente (*Pennisetum clandestinum* Hochst.) pasto que fue introducido hace algunos años y que es originario de Sud-Africa.

Este pasto que, se ha adaptado a casi todos nuestros climas y condiciones de suelo, es dióico y solamente se introdujo al país el pasto hembra el cual se reproduce por estolones de una manera rapidísima e invade los terrenos en una forma alarmante, por lo cual se ha considerado en algunas partes como maleza de difícil extirpación y que en ningún caso debe sembrarse en tierras labrantías. Las características de este pasto lo hacen tal vez ideal para reprimir la erosión ya que tienen un sistema radicular excepcionalmente desarrollado que en algunos casos alcanza a profundidades de más de un metro y una altura de 50 a 80 centímetros formando una verdadera capa en la superficie del terreno por el buen macollamiento ya que la producción de estolones hace que en muy poco tiempo se cubra la superficie y forme una capa compacta de tallos rastreos que, poco a poco, van superponiéndose hasta llegar a alturas de más de 10 centímetros quedando el terre-

no completamente protegido contra las aguas lluvias y, al mismo tiempo, retiene una cantidad muy apreciable de humedad, por lo cual se adapta fácilmente a terrenos secos, siempre que para la siembra se aprovechen épocas adecuadas. En cuanto a la **palatabilidad**, de este pasto se puede considerar como el mejor ya que es el único que no pertenece a la familia de las leguminosas y tiene una relación nutritiva muy estrecha, como se puede apreciar en el análisis que a continuación inserto, y que se compara con el de la alfalfa, pasto de corte, muy apreciado en todas las regiones en donde se cultiva (26).

#### ANÁLISIS:

Kikuyo.		Alfalfa.	
Humedad	78,30	Humedad	71,8
Proteínas	3,40	Proteínas	4,8
Grasa	0,53	Grasa	1,0
Carbohidratos	10,16	Carbohidratos	12,3
Fibra	5,08	Fibra	7,4
Minerales	2,56	Minerales	2,7
Relación nutritiva	..1:3,34	Relación nutritiva	..1:3,3

Respecto a la clase de suelo que requiere el kikuyo se puede decir que es un poco exigente, adaptándose bien a los suelos pobres, desarrollándose menos y mermando algo sus características favorables para la represión de la erosión, pero sin perjuicio de ser utilizable. Por otra parte, este pasto se desarrolla mejor en los climas fríos, y en los calientes y medios se puede cultivar con rendimientos económicos aceptables. Además, tiene la gran ventaja de no permitir el crecimiento de malezas pues con sus tallos rastreros, raíces y estolones las ahogan completamente; sin embargo, deja que el carretón o trébol blanco (**Trifolium hybridum L.**) se desarrolle de un modo normal lo cual aumenta el poder alimenticio de esta planta.

La propagación de este pasto es supremamente fácil y se hace por medio de estolones, cepas o partes

del mismo pues tiene una alta capacidad germinativa, aun en los retoños más tiernos, por lo cual su extirpación, una vez establecido, es muy difícil.

Por tratarse en el presente caso de la propagación en terrenos pobres y erodados que tienen un régimen de lluvias más o menos escaso, creo conveniente que la siembra se efectúe al iniciar las épocas de lluvia, para que la germinación sea rápida y adquiera un desarrollo suficiente para resistir las épocas de sequía, lo cual hace que en poco tiempo tenga un desarrollo tal que puede ser aprovechado, no sólo para controlar la erosión sino, también, para resistir su explotación económica. A pesar de ser un pasto de características óptimas para evitar el lavado de las tierras, tiene graves inconvenientes que creo necesario anotar y que sólo se pueden prevenir mas no remediar, ya que en determinadas circunstancias se puede convertir en una maleza de difícil extirpación que ocasione graves pérdidas para otras industrias agrícolas.

En efecto, este pasto por su sistema radicular tan extenso y su alto poder reproductivo es de difícil extirpación y tiene un poder de invasión tal, que se han dado casos de atravesar, bajo tierra, lechos de arroyos que en ninguna época se secan.

En el país se ha presentado ya este caso especialmente en las tierras de alto valor agrícola, pues, al extenderse por todas estas regiones invadió campos cultivables que perdieron completamente su valor debido a la dificultad para extirpar este pasto. El fenómeno se debe, especialmente, a que los ganaderos y agricultores de las distintas zonas se ilusionaron con sus cualidades y empezaron a propagarlo en terrenos fértiles y aptos para la agricultura por lo cual, poco a poco, fue extendiéndose e invadiendo regiones aledañas, ocasionando así, graves perjuicios. Sin embargo, creo que este pasto debe propagarse en los terrenos que no tengan porvenir agrícola y que estén dedicados a la industria ganadera por ser uno de los mejores para evitar el lavado de las aguas lluvias; en regiones muy cercanas a

las tierras laborables, puede ser diseminado por los animales al llevarlo en los cascotes.

Siguiendo, pues, un plan racional en la propagación de este pasto no hay razón para que se convierta en plaga, ya que sólo se presenta con este carácter cuando se propaga en terrenos dedicados a otras actividades agrícolas o que en un futuro muy próximo se pueden utilizar para ello, caso que no se presenta en los terrenos que han sufrido una erosión fuerte o en las lomas y terrenos semi-áridos que pueden adquirir un valor económico para el pastoreo por este sistema.

Otro pasto que existe en el país y que está distribuido en todos nuestros climas es el *Choris gayana* Kunth pasto rodes que es originario de Africa y se desarrolla en buenas condiciones, en todos nuestros climas, lo cual lo hace adaptable a las distintas regiones erodadas y al mismo tiempo es utilizado en la alimentación de los animales que lo apetecen mucho (7).

Este es un pasto de tallo suculento, produce un gran número de hojas y estolones bastante desarrollados, y se usa para pastoreo y para la obtención de heno, adaptándose especialmente a los suelos pesados en donde alcanza un desarrollo muy grande cuando no se presentan heladas. Además, es de una fácil propagación ya que se puede hacer por medio de semillas que produce en gran abundancia, como también por medio de estolones siguiendo los mismos sistemas empleados en la propagación del kikuyo.

Este pasto a pesar de ser un buen aglutinador de los suelos por su sistema radicular, no presenta las desventajas del kikuyo en cuanto a su destrucción, pues, es más fácilmente extirpable, por lo cual se puede usar de una manera efectiva en aquellos terrenos en donde puede haber un desarrollo agrícola futuro y en donde el *Pennisetum clandestinum* Hochst. no puede ser usado por las características antes enumeradas.

De las otras especies de pastos que figuran en esta lista hasta el momento no se han encontrado en Colombia pero, una vez hecho el estudio y clasificación

básica de todas las gramíneas del país, algunas de ellas pueden encontrarse, por lo cual es conveniente tenerlas presentes al establecer un programa de conservación de suelos. Por otra parte, muchos géneros de los citados tienen similares entre nosotros como puede verse en la lista que a continuación inserto. Por pertenecer a los mismos géneros pueden tener algunas características de crecimiento, resistencia a la sequía, palatabilidad, etc. y que pueden ser empleadas para evitar la erosión de los terrenos previa experimentación de su comportamiento como tales, en relación con la importancia económica que tengan.

- Bouteloua catharticus* Vahl. Clima medio 1.600 mts.  
 " *lenis* Dprest. Clima frío  
 " *laciniatus* Beol. " "  
 " *pilensis* H. B. K. " "  
 " *simplex* Lag. " "
- Calamagrostis bogotensis* (Pilger) Pilger Clima frío.  
 " *densiflora* (Presl.) Steud. " "  
 " *effusa* (HBK) Steud. " "  
 " *intermedia* (Pred.) Steud. " "  
 " *planifolia* (HBK) Trin. " Tpdo.  
 " *veridiflavescens* (Kunth.) Steud. Cl. frío.
- Chloris plydactyla* (L.) Sw. Clima medio 1.700 mts.  
 " *Radiata* (L.) Sw. " "  
 " *rupestris* (Ridley) Hitch. Clima frío.  
 " *mollis* (Nees) Swallen " medio.
- Eragrostis acutiflora* (HBK) Nees " "  
 " *amabilis* (L.) Wight. & Arn. Clima frío.  
 " *ciliaris* (L.) Link. Clima caliente.  
 " *glomerata* (Walth) L. H. Dewey, Cl. caliente.  
 " *hypnoides* (Lam.) B. S. P. Clima caliente.  
 " *maypurensis* (HBK) Steud. " "  
 " *mexicanum* (Lag.) Link. Clima frío.  
 " *pastoensis* (HBK) Trin. " "  
 " *prolifera* (Sw.) Steud. Clima caliente.

Hordeum vulgare L.	Clima frío.
" muticum Presl.	" "
" murinum L.	" "
Hyparrhenia bracteata (H. et. B.) Stapf.	Clima frío, y medió,
" rufa (Nees) Stapf.	Clima medio (Yaraguá).

Además de estos pastos en todas nuestras regiones templadas, existe uno vulgarmente conocido con el nombre de Yaraguá Uribe (Antioquia) que corresponde al nombre técnico de (**Melinis minutiflora** Beauv.) el cual posee características especialmente adaptables para la represión de la erosión ya que por medio de sus tallos cubre completamente el terreno y se desarrolla muy bien en los climas medios, ya sean húmedos o secos, y es muy apreciado por el ganado una vez que se acostumbra a comerlo, pues, tiene una secreción grasosa que le da un olor especial y al mismo tiempo influye directamente en su sabor.

Para darnos cuenta más clara de la importancia de este pasto, basta citar los datos registrados en el informe del Valle del Cauca hecho por la comisión de Puerto Rico que decía lo siguiente:

"La descripción dada por el doctor Duque (en su folleto Yaraguá redención de Antioquia 1926) no es exagerada, como lo pudimos comprobar en la región montañosa de Fredonia y Titiribí. En esta rica región cafetera pudimos ver toda aquella tierra pobre e impropia para el cultivo del cafeto dedicada a espléndidos patizales de pasto gordura (**Melinis minutiflora** Beauv.) Como resultado de nuestra visita a Antioquia en 1926 el desarrollo y propagación de dicha gramínea ha tomado gran incremento en Puerto Rico y se hace continua propaganda a su extensión en la zona montañosa de la Isla".

Aquí vemos a las claras la gran adaptabilidad de este pasto para las regiones montañosas en donde la erosión hace sus estragos más importantes y

por esto la siembra de esta gramínea es de gran importancia para la economía nacional.

Fuera de las características anteriores, consideremos otro aspecto muy discutido por algunos investigadores en relación con el pasto que nos ocupa y que está relacionado directamente con la propiedad que tiene de producir gran cantidad de secreción grasosa que cubre perfectamente toda la superficie de las hojas. La cual según algunos investigadores produce la merma de las garrapatas, como también del gusano de monte (*Dermatobia cyaniventris* Mac. Q.) debido a que las cubre, en su período larvario, de una materia que les impide el libre movimiento y, en muchos casos dificulta la respiración por lo cual perecen en grandes cantidades. Además, el continuo paso de los animales por los potreros sembrados de yaraguá los cubre poco a poco de una película de resina que al mismo tiempo que puede matar la garrapata adulta, inmuniza parcialmente la piel del ganado contra la plaga en todas sus formas.

En cuanto a la presencia del nuçe (gusano de monte) en mayor o menor cantidad, es conveniente tener en cuenta que la propagación de esta plaga para la ganadería se hace especialmente por medio de los insectos hematófagos que llevan las posturas de la citada mosca y al picar se van desprendiendo poco a poco las larvas que forman luego las gusaneras. Teniendo en cuenta que los insectos hematófagos en su mayor parte son pequeños, al posarse sobre las hojas de este pasto se pegan y mueren sin poder efectuar sus picadas por lo cual la propagación merma al disminuir éstos que son, en este caso, si se quiere los agentes vectores de la plaga; esta es una hipótesis o mejor dicho una observación de algunos ganaderos los cuales sin buscar una razón técnica para esta disminución del nuçe en los potreros de yaraguá aseguran, de un modo rotundo —basados en la experiencia— que se presenta este fenómeno, por lo cual relacionando esta reducción de la plaga con las características del pasto y la biología de

la mosca, he querido hacerlos notar mientras posteriormente se comprueba el hecho con trabajos serios al respecto, pues, si esta cualidad del pasto (gordura llegara a comprobarse sería la redención de la industria ganadera en nuestros climas medios, no sólo por el aspecto de la erosión, sino también en cuanto se refiere al control de las plagas apuntadas.

La propagación de este pasto es sumamente fácil y puede hacerse por medio de semilla o estolones, manteniendo el campo libre de animales para facilitar su propagación y desarrollo. La siembra debe efectuarse al iniciarse el período de lluvias para que en este tiempo las plantas tiernas tengan una mayor cantidad de agua y su propagación sea más rápida, y pueda así resistir luego las épocas de sequía y demás condiciones adversas sin sufrir pérdidas de importancia. Para obtener que el terreno quede perfectamente cubierto por este pasto en un transcurso de tiempo más o menos corto, es necesario impedir la entrada de animales hasta que pase la primera floración, para así tener una resiembra natural en el terreno cuando la semilla se disemine por todo el campo.

La propagación de este pasto que tiene características tan aplicables al problema de que nos ocupamos, es aconsejable desde todo punto de vista, no sólo para las regiones de pendientes un poco fuertes sino también en aquellas que por su ubicación no pueden ser explotadas agrícolamente y con pendientes menos acentuadas; esto se debe especialmente a su fácil extirpación por lo cual no se presentarán inconvenientes posteriores, cuando en determinadas circunstancias se quieran dedicar estas zonas a otras actividades.

Fuera de las siembras de pastos adecuados para la represión de la erosión, es conveniente la construcción de acequias a distancias de 20 o 30 metros siguiendo las curvas de nivel, pues, al ser cubiertas por el pasto sirven de recipientes a las aguas lluvias que infiltran a través del suelo y ayudan al sostenimiento de la humedad necesaria para el buen desarrollo de los

mismos, y obran reduciendo más la velocidad de las aguas al mermar de un modo notorio la cantidad que corre por la superficie.

Creo, pues, que en el presente capítulo he tratado de una manera más o menos extensa las distintas plantas gramíneas utilizadas para la represión de la erosión y que pueden aprovecharse en el país con fines industriales y económicos y sólo faltaría el estudio ya más detenido y experimental de las distintas gramíneas naturales, adaptables para este fin, y cuyo estudio demandaría años de constante labor y sería tema para un trabajo especial.

## **SISTEMA DE TERRAZAS Y OTRAS MEDIDAS RECOMENDABLES PARA EVITAR LA EROSION**

Hasta el momento sólo hemos tratado de las medidas para evitar la erosión en los terrenos en donde la pendiente alcanza altos desniveles y son impropios para llevar a cabo una explotación intensiva y económica ya que el sostenimiento de terrazas y demás medidas mecánicas de alto costo no daría utilidad alguna.

Entremos ahora a estudiar los sistemas para la represión de la erosión en terrenos cuyas pendientes están comprendidas entre 10 y 30 por ciento, y en los cuales no es posible establecer las medidas anteriores con un margen de utilidad aceptable. Para este fin es necesario dividir el presente capítulo en dos puntos principales que son: la formación de terrazas y las prácticas y sistemas de cultivos adecuados.

Uno de los sistemas más efectivos para evitar el lavado de la tierra en este tipo de suelos es la fundación de cultivos en franjas, que consiste en dividir el terreno en eras o porciones más o menos grandes, que siguiendo las curvas de nivel deben sembrarse con plantas resistentes a la erosión que tengan alguna importancia económica y alternándolas con cultivos comunes.

La razón de este procedimiento es muy simple si se tiene en cuenta que para establecer este sistema de cultivo es indispensable además el establecimiento de una rotación entre las fajas de terreno, para evitar que el deslave se efectúe en una sola de ellas y se anule completamente para la explotación económica. Así pues, el modo de actuar en tal forma de cultivo es el siguiente: en el primer año las zonas de terreno sembradas con plantas no resistentes al lavado de las aguas lluvias pierden parte de las sustancias fertilizantes pero, en cambio, en las zonas cultivadas con las plantas adecuadas para evitar el deslave no se presenta éste, y por el contrario, todas las materias arrastradas de la era superior o adyacente son acumuladas en esta zona que posteriormente viene a aprovecharse para los cultivos económicos no resistentes a la erosión. Este es un sistema de siembra que a la vez que defiende el suelo, impide la pérdida de los elementos fertilizantes.

De lo anterior se ve claramente que sólo una pequeña parte de los elementos es perdida, mientras que la otra es aprovechada en los cultivos futuros, por lo cual los estragos de la erosión no se presentan en forma tan intensa. Sin embargo, es de advertir que terrenos con pendientes muy fuertes, no pueden ser cultivados en esta forma, pues la capacidad de arrastre del agua sería tan alta que las plantas usadas, para evitar la pérdida de la capa superficial del suelo, no estarían capacitadas para impedir el lavado por lo cual no se obtendría ningún beneficio al tratar de establecer estos sistemas de represión.

La demarcación de las distintas zonas, en donde deben hacerse estas dos clases de cultivos, no se puede fijar de una manera general ya que ésta varía grandemente con la pendiente, clase de terreno y demás características propias de la región. Sin embargo, sí se puede decir, en una forma más o menos general, que estas franjas deben tener un ancho de más de quince metros y pueden llegar hasta treinta metros, cuando las pendientes son muy suaves, ya que esta forma de

cultivo puede establecerse en pendientes menores del diez por ciento, cuando se quiera dar una protección mayor a los terrenos contra la acción de las aguas lluvias.

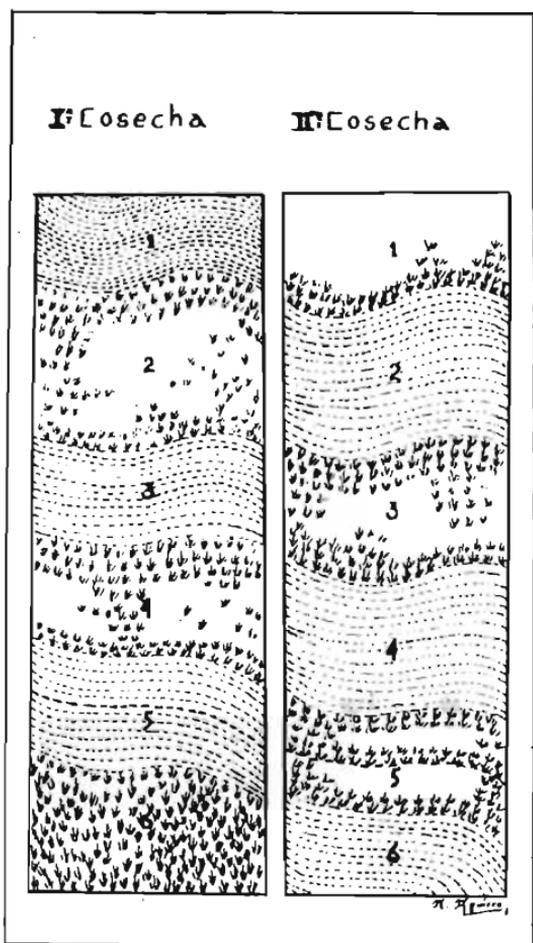


Gráfico N° 2 — Forma de cultivos en franjas.

Ya que hemos visto de una manera general la forma como actúa este sistema de siembras, es importante anotar las características esenciales de las plantas utilizadas como vegetación de cobertura en este tipo de explotación. Así entre las cualidades indispensables, fuera de ser resistentes a la erosión, están especialmente indicadas las propias para una utilización económica

de importancia y que, además, sean de fácil destrucción una vez terminada la cosecha, pues, si no tienen esta característica, no se puede establecer la rotación adecuada que es la base fundamental de este sistema.

Entre las plantas indicadas se encuentran los **pequeños granos** entre los cuales merecen citarse el trigo, la cebada e infinidad de sorgos de tamaño pequeño, como el trigo Harley, que tienen una gran importancia como cultivo de alto rendimiento. Además de estas plantas se utilizan muchas leguminosas, cuyos productos son base en la alimentación del hombre y de los animales, entre las cuales merecen especial mención la alfalfa, una de las plantas forrajeras más importantes en nuestros climas fríos; el caopí, el haba soya y el rice vean, todos usados ya en la alimentación del hombre o como plantas productoras de abono verde. (11).

En muchos casos es conveniente el uso de plantas forrajeras que estén capacitadas para el alimento de los animales por lo cual se recomienda también el uso de pastos entre los cuales están principalmente indicados el pasto Rodes, el yaraguá, el micay y otros de importancia económica.

Además de todas estas plantas que pueden ser utilizadas para la formación de este tipo de cultivos, existe otra que por su importancia he querido tratarla en una forma especial ya que puede ser un fuerte renglón económico. Esta planta que es conocida entre nosotros con el nombre de **limoncillo** y que corresponde a la denominación técnica de **Cymbopogon citratus** (De) Stapf está adaptada en una forma verdaderamente excepcional para este tipo de represión y que, como se dijo anteriormente, constituye un producto comercial muy apreciable e inexplicado.

El limoncillo posee un poder de macollamiento completo: tiene un sistema radicular muy extenso a causa de los **rizomas** o tallos subterráneos; por adaptarse a los suelos pobres de nuestras regiones templadas y cálidas es un cultivo sencillo y económico.

En las Indias Orientales Holandesas, y especialmente en las Islas de Java y Ceilán, existen grandes cultivos de plantas pertenecientes a este género que poseen las mismas cualidades o sea la producción del aceite de citronela, materia prima indispensable para la fabricación de jabones y perfumes en todas las naciones que tienen esta industria.

Para darnos cuenta exacta de la importancia de esta planta, a continuación citaré los rendimientos obtenidos con las especies que se cultivan en Ceilán y Java, que corresponden a la denominación técnica de **Cymbopogon nardum Rendle** y **Cymbopogon winterianun Jowit**. Los rendimientos obtenidos con este cultivo en la Isla de Ceilán, y durante un período de un año, alcanzan a la cifra de 18 mil libras inglesas de materia seca durante las cuatro siegas y corresponden a un total de 68 libras de aceite por acre y por año; en cambio, la superficie cultivada en Java da un rendimiento de 25 mil a 30 mil kilogramos de materia seca que corresponde a 180 o 200 litros de aceite de citronela por hectárea y por año. En la Isla de Ceilán que tiene extensiones considerables dedicadas a esta industria se exporta anualmente según datos correspondientes a los años de 1.905 a 1.911 un término medio que varía entre 1.100.000 a 1.700.000 libras de aceite de citronela. Si consideramos que en la actualidad por las condiciones de la guerra, estas regiones no están capacitadas para exportar este producto, se puede decir que el cultivo del limoncillo debe incrementarse en el país por sus grandes perspectivas para la economía nacional (23).

La obtención de aceite de citronela que se extrae de todas las especies de limoncillos se hace por medio de sistemas muy simples, ya que ésta se realiza por la destilación a vapor, sin añadir agua, de las distintas partes constitutivas de la planta, por lo cual los elementos indispensables para la extracción no tienen un precio de costo muy elevado. En cuanto a la calidad de aceite de citronela no varía en forma alguna con el sistema de explotación ya que éste depende exclusivamen-

te de las variedades cultivadas y del mayor contenido de **geraniol** o **citronal** que hacen que la una sea más apreciada que la otra, como acontece con los dos aceites extraídos en Ceilán y Java siendo éste más apreciado por su contenido mayor de citronal como puede verse en el análisis que a continuación inserto.

### **Aceite de citronela de Ceilán**

Terpenos, canfeno, dipenteno, limoneno-l metiloheptenona .....	10-15 %
Citronelal, borneol-l, geraniol, nerol, acetato de citronelol-d, butirato-n de citronelol-d, acetato de geraniol .....	6-10 %
Metileugenol sesquiterpenos .....	8 %
Farnesol .....	0,2-0,3 %

### **Aceite de citronela de Java.**

Citronelal .....	23,4-50,1 %
Geraniol, citronelos-d .....	26,0-44,4 %
Metileugenol .....	menos del 1 %
Citral .....	0,2 % aprox.

La especie que está distribuída en el país en la actualidad se explota en pequeña escala, principalmente en el Valle del Cauca, en donde los Laboratorios J. G. B. la utilizan para la extracción del aceite de citronela que emplean en los distintos productos. Sin embargo, hasta ahora, no se ha establecido una explotación en grande escala ya que la calidad de este producto no se conoce y, además, el mercado no ha tenido el desarrollo necesario para poder sostener esta clase de explotaciones. Empero, con el transcurso del tiempo esta planta puede llegar a suplir las necesidades de este producto en el país, y ser un renglón importante para la exportación, siempre que se realicen trabajos de selección de variedades y una propaganda bien orientada al respecto.

La importancia de la intensificación de este cultivo se puede apreciar si consideramos que no sólo lle-

gará a ser un renglón importante en la economía nacional, sino que, al mismo tiempo se utiliza con grandes beneficios para la represión de la erosión en un programa ordenado de conservación de suelos.

Ya que hemos tratado de un modo general sobre el sistema de cultivos por medio de franjas, entremos ahora a estudiar los sistemas mecánicos, o sea, la formación de terraplenes que impiden el lavado por las aguas lluvias, tratando de un modo general su importancia, su adaptación y, en fin, su modo de obrar respecto al fenómeno que nos ocupa.

Entre los principales medios mecánicos para evitar el lavado de los suelos está la construcción de terraplenes o terrazas que, sirviendo de valla a las aguas lluvias disminuyen su velocidad e impiden el arrastre de las capas superiores del suelo. Este sistema de represión solamente es aconsejable para los terrenos adyacentes a grandes núcleos de población y que puedan por los precios, calidad y cantidad de los productos agrícolas, sostener el costo de producción incluyendo la construcción de terrazas. Por otra parte, este sistema sólo se puede aplicar a pendientes, no mayores de un 30 por ciento ya que al aumentar la pendiente, el número de terrazas necesario por unidad de superficie, aumentaría de una manera progresiva y su costo de sostenimiento y construcción sería tan elevado que ningún cultivo, de los existentes entre nosotros, daría el rendimiento económico capaz de retribuir estos gastos. La formación de estas barreras requiere conocimientos de ingeniería por lo cual nuestros agricultores no están capacitados para hacer esta clase de trabajos por sí mismos, si se considera que en su construcción hay que tener en cuenta las pendientes y las velocidades que pueden alcanzar las aguas lluvias acumuladas en los terrenos, y también, la clase de suelo, que llega a ser un factor limitante en la formación de las terrazas, ya que se pueden presentar deslizamientos y otros fenómenos que sólo puede prever el que tenga algunos conocimientos agrológicos.

Por ser tan diferente la composición de los suelos existe también gran variación en la formación de terrazas y su distribución, por lo cual trataremos de dos tipos principales a saber: **Terrazas de infiltración** y **terrazas de drenaje**, las cuales comprenden una serie de sub-tipos según las modificaciones que el constructor, una vez hechos los estudios preliminares, juzgue necesario introducir, para el buen éxito del trabajo (17).

Los terraplenes del tipo de infiltración están basados en el hecho siguiente: el agua al encontrar un obstáculo de una altura mayor que la capa líquida pierde su velocidad y empieza a acumularse paulatinamente en la base de esta, y así, poco a poco, aumenta su altura; sin embargo al aumentar la altura de la capa líquida empieza también a aumentar la infiltración, por ser mayor la fuerza o presión que obra sobre la capa inferior de agua que está atravesando el suelo, logrando, de esta manera, que la cantidad de agua de percolación sea mayor y disminuya la cantidad que corre por la superficie.

Este tipo de terraza es el adaptado a las pendientes más o menos suaves y en terrenos arenosos en donde la capacidad de infiltración es alta y, por consiguiente, el tiempo necesario para absorber un volumen determinado de agua es más o menos corto. Estas terrazas se construyen siguiendo las curvas de nivel, y la base, que en la mayor parte de las veces, tiene que ser ancha, se hace en la misma forma como se construyen los caballones para el cultivo de arroz por sumersión, es decir, utilizando para esto un arado de discos o un arado común de tipo reversible con el cual se puede hacer este trabajo de una manera rápida y económica. (17)

Para darle resistencia a estos caballones se acostumbra sembrar en ellos plantas como el limoncillo y algunos pastos como el rodes a fin de evitar su deslizamiento; además, en ciertas épocas cuando la base de estos terraplenes tiene ya una gran cantidad de de-

— Pendiente del terreno  
- - - Límite de las terrazas

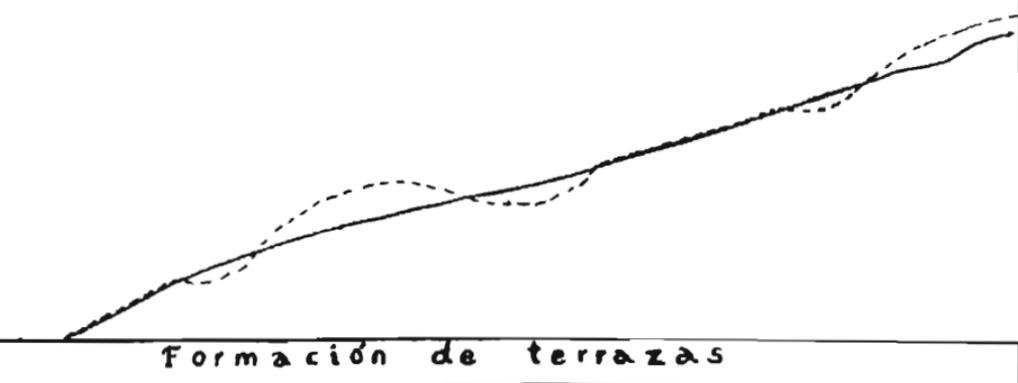


Gráfico N° 3

tritos acumulados, se pasa el arado con el fin de profundizarlos y capacitarlos para retener la cantidad de agua sobrante.

En cuanto a la distancia a que deben ser colocadas las terrazas, no se puede dar una norma precisa, pues varía con la clase de suelo, pendiente, y condiciones ambientales, por lo cual, solamente se pueden dar datos generales como los que se encuentran en el cuadro que se verá a continuación y que están calculados para un tipo definido de terrazas (12).

# Distancias y pendientes en las terrazas escalonadas

## Cuadro N.º 14

Pendiente vertical de base ancha (12%)

Pendiente %	Desnivel entre las terrazas		Pendiente vertical para espacios de	
	Suelo poroso	Suelo arcilloso	18 mts.	12 mts.
5	1,20	0,90	3,0	2,0
8	1,50	1,20	4,8	3,2
12	1,80	1,50	7,2	4,8
	Base estrecha			
15	1,50	1,50	3	4,5
20	1,80	1,80	4	6,0
25	2,10	2,10	5	7,5
30	2,40	2,40	6	9,0

El otro modelo de terraza, o sea el de drenaje, es muy similar en construcción al anterior, sólo que tiene un pequeño desnivel hacia los extremos o distintos puntos en donde se colocan los canales de desagüe o los tubos de drenaje, calculados para desalojar el agua que pueda quedar en libertad en los campos protegidos por este método. La construcción de este tipo es aproximadamente la misma, pero se usa en mayor escala en los terrenos pesados que tengan un alto contenido de arcilla, por lo cual, la infiltración normal no se efectúa de un modo rápido y es necesario recurrir a medios artificiales para obtener el resultado que se desea.

Fuera de las medidas mecánicas citadas, existen, además, otras consistentes en obstáculos que se hacen en las partes bajas por donde corren las aguas y son muy usados especialmente para evitar la continuación de la erosión en forma de zanjas. Estos canales artificiales se construyen en los terrenos que presentan este tipo de lavado y en combinación con la siembra de las

plantas recomendadas para este fin. Sin embargo, estas medidas no se pueden tomar en todos los casos, pues el costo de construcción es elevado y sólo se pueden llevar a cabo, cuando el terreno o las regiones adyacentes que sufren las consecuencias de este fenómeno tienen un valor agrícola considerable. En el gráfico que se inserta a continuación se puede apreciar, de un modo claro, la construcción de estos obstáculos.

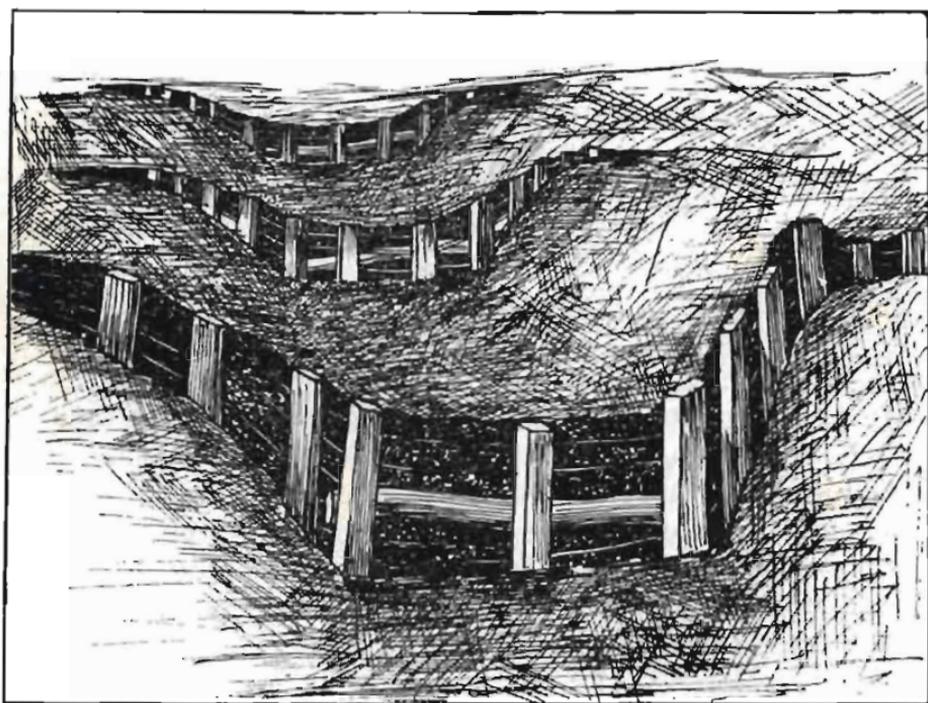


Gráfico N° 4 — Formación de obstáculos.

La formación de canales en los patizales también es una medida muy recomendada, pero como de ella ya se trató en el capítulo correspondiente, no creo necesario entrar en detalles al respecto en cuanto a su efectividad, pero sí es importante advertir que la construcción de éstos es muy económica, pues se hace pasando dos veces un arado de discos reversible por aquellos lugares en donde se quiera establecer los canales.

Estos sistemas de terrazas que obran mermando la velocidad de las aguas, por aumentar la infiltración y

servir de obstáculos a las aguas corrientes, a mi modo de ver, no son adecuados para establecerlos en el país ya que existen grandes extensiones de terreno con pendientes más suaves, en donde se pueden hacer los mismos cultivos sin los inconvenientes que presenta el lavado del suelo, por lo cual creo que sólo se debe recomendar este sistema en tratándose de terrenos cercanos a grandes núcleos de población y para cultivos que den un margen de utilidad apreciable.

Empero, estimo necesario se hagan experiencias al respecto en todas las regiones que se crea conveniente para que, una vez determinada su eficacia en nuestros suelos, tenga una base segura para su empleo en aquellas regiones, que por estar en las circunstancias arriba anotadas, necesiten el implantamiento de este método de cultivo.

## LA EROSION EN LAS CARRETERAS

El fenómeno de que nos estamos ocupando, no afecta solamente a las regiones dedicadas a usos agrícolas o ganaderos, sino que por el contrario afecta también las vías de comunicación cuando éstas están ubicadas en montañas de pendientes más o menos fuertes, por lo cual he creído necesario el estudio de este problema de un modo general, pues, su resolución no sólo traería ventajas para la conservación de las vías de comunicación, sino que evitaría la pérdida de los terrenos adyacentes que sufren las consecuencias del derrubio.

Las carreteras de montaña, las más afectadas por este fenómeno, son las que tienen una mayor extensión en el país y se pueden considerar como las principales vías de comunicación desde el punto de vista económico, por lo cual su conservación debe ser una de las principales preocupaciones que deben tener los gobiernos nacional y departamentales, para lo cual, ha de tenerse en cuenta cómo obran las fuerzas naturales, especialmente las aguas que corren por la superficie de las carreteras y caminos.

En las carreteras los principales fenómenos que se presentan en relación con el lavado son los siguientes: deslizamientos laterales, pérdida de las regiones agrícolas adyacentes producida por estos deslizamientos, y repercusiones económicas a causa de la suspensión del tráfico. Estos tres fenómenos de gran importancia los trataremos aparte dando de un modo general los métodos indicados para evitar que se presenten, especialmente en lo que se refiere a arborización y a otras medidas mecánicas usadas para estos fines.

Los efectos que producen las aguas, que corren libremente por la superficie, tienen una intensidad muy grande sobre todo en los taludes cuando tienen pendientes muy fuertes; por otra parte al efectuar la construcción de las carreteras, la tierra de estos taludes queda removida y falta de una cohesión adecuada para resistir los embates de las corrientes, por lo cual fácilmente es arrastrada por las aguas lluvias.

Cuando la intensidad de las lluvias es muy alta, las avenidas que se forman toman proporciones enormes y, en la mayoría de los casos, impiden el tráfico u ocasionan la destrucción total de la vía por lo cual las pérdidas causadas son de una importancia trascendental, no sólo en lo referente a la pérdida de la vía en sí, cuya reparación demanda erogaciones grandes, sino también, en lo referente a los transportes, pues, las demoras que sufre la carga detenida mientras que se hacen las reparaciones necesarias trae grandes repercusiones económicas en los mercados de los principales centros urbanos, e influye directamente en el alza de precios de los artículos de primera necesidad.

La otra causa por la cual se presenta el arrastre de las tierras en los taludes inferiores se debe principalmente a la mala distribución de los canales o alcantarillas de drenaje; cuando no tienen una capacidad suficiente, las aguas que corren por las cunetas no alcanzan a ser evacuadas por los tubos o canales de drenaje y corren por la carretera produciendo graves daños especialmente al formar zanjas más o menos profundas.

También tiene gran importancia la localización de los desagües de las cámaras o alcantarillas de drenaje, pues, cuando éstos son colocados en el centro del talud, y no en su base, traen como consecuencia el arrastre de las zonas adyacentes y la destrucción completa del mismo. Estos daños causados en las carreteras no se pueden evitar sino con la construcción adecuada de los colectores pues la vegetación, aun más indicada para impedir el arrastre de la tierra, no resiste la fuerza erosiva cuando se presentan grandes masas de agua. Véase gráfico N° 4.

Cuando se presenta el deslave normal sin estar influenciado por otras fuerzas, que no sean las naturales, se puede evitar por medio de la vegetación siguiendo sistemas adecuados para su establecimiento y en esta forma dar una mayor consistencia a los taludes, evitando así el arrastre de las partículas de tierra; la forma como obra esta vegetación no es necesario tratarla de un modo extenso ya que actúa en forma similar a la empleada para evitar la erosión en los campos agrícolas. Para evitar los efectos del lavado en los taludes, cuando éste proviene únicamente de las fuerzas naturales, se puede usar la vegetación en forma de verdaderos matorrales contruídos por plantas resistentes a la erosión. Estas plantas se desarrollan de un modo magnífico en estos taludes, especialmente por ser tierra rica en materias orgánicas, y, además, por tener un alto grado de aereación debido a que la mayor parte de ella ha sido removida, lo cual determina la acción inmediata de los agentes atmosféricos que modifican las sustancias constitutivas del subsuelo y parte de la roca original.

Para controlar esta erosión se aconseja sembrar plantas de poca altura como vegetación temporal, entre las cuales se encuentran especialmente los pequeños cereales y algunos pastos que tienen las características siguientes: gran capacidad de reproducción, raíces fibrosas y abundantes capaces de retener y compactar las partículas del suelo y, además, estar capacitados

para soportar las condiciones climatéricas adversas a su desarrollo inicial (14).— Para esto pueden usarse las mismas plantas recomendadas anteriormente en el establecimiento de patizales, entre las cuales está en primer lugar el pasto “yaraguá”. En la vegetación permanente o semipermanente usada para evitar el lavado de los taludes de las carreteras hay diversidad de plantas entre las cuales se encuentran principalmente arbustos de poca altura y de gran distribución geográfica que están capacitados para propagarse de una manera intensiva y sin un costo mayor de cultivo. Entre los géneros y especies principales tenemos en primer lugar el “**Helianthus annuus** L. ” “Girasol”, planta cultivada en muchas regiones para la extracción de aceite y para la alimentación de las gallinas, el **Baccharis** sp. arbusto muy distribuído en todos los climas medios y fríos; que produce una cobertura en el terreno muy densa, el **Salix humboldtiana** Will “Sauce”, usada muy extensamente por la facilidad con que se reproduce siendo muy adaptable a regiones más o menos húmedas, como planta ideal para la formación de terrazas naturales. Fuera de estas plantas que tienen una distribución muy grande, se pueden usar, con este mismo fin, muchas de las recomendadas en el capítulo sobre repoblación forestal las cuales son adaptables de un modo satisfactorio a estas clases de terrenos. Los sistemas de siembra usados para la propagación de estas plantas son los siguientes: en primer lugar, estacas fuertes de árboles, como el sauce, se distribuyen a lo largo del talud con una distancia entre filas de 90 centímetros y una distancia entre estacas que no pase de 40 o 50 centímetros, distribuyendo entre éstas, ramas de árboles como se puede apreciar en el gráfico N° 5. Además, entre las hileras de estacas se deben sembrar plantas resistentes a la erosión como son los pequeños granos y el limoncillo. Estas filas de plantas deben trazarse siguiendo las curvas de nivel para evitar de este modo el lavado de las aguas lluvias (14).

En cuanto a otros árboles aconsejables como ve-

getación permanente, se deben sembrar intercalados, ya sea entre líneas o entre las estacas, con lo cual se obtiene una vegetación más tupida que aglutina la tierra en una forma más efectiva y la hace más resistente a la corriente de las aguas lluvias.

La siembra de pequeños granos sólo se utiliza cuando se inician estos sistemas de represión, pues cuando las otras plantas han adquirido un desarrollo

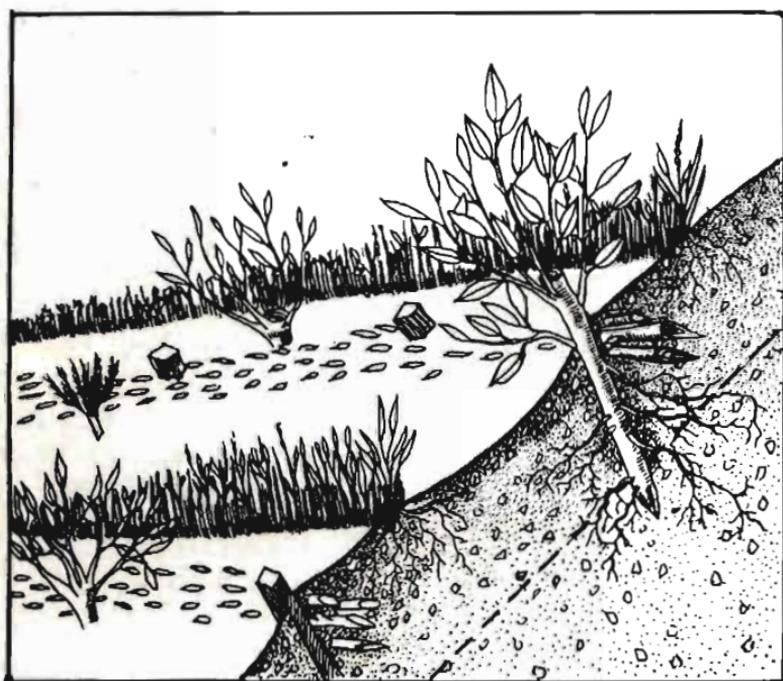


Gráfico N° 5 — Sistemas de siembra en los taludes.

adecuado, por sí solas, son capaces de resistir el embaite de las aguas que corren libremente por la superficie. Para dar una idea más clara del modo como se deben efectuar estas siembras, se inserta un gráfico que muestra en detalle las distintas modalidades como se deben realizar .

La pérdida de los terrenos agrícolas adyacentes, que es otra de las causas de la erosión, no sólo en las carreteras sino también en los campos cultivados, se debe, como dije anteriormente, a la acumulación de

detritos en las partes bajas los cuales disminuyen progresivamente la capacidad de producción por la continua acumulación de materias de poco valor como fertilizantes.

Para evitar estos efectos del lavado del suelo se debe tener en cuenta que, al impedir el arrastre de la tierra con las medidas anteriores, no se presentan los fenómenos de empobrecimiento de los campos laborables; por consiguiente, no es necesario el establecimiento de medidas preventivas. En cambio, cuando este fenómeno se ha presentado, sólo es posible mejorar las condiciones de cultivo y sistemas de siembra para lograr un aumento progresivo de la fertilidad de los suelos, lo cual no se consigue sino estableciendo rotaciones periódicas, con plantas pertenecientes a la familia de las leguminosas y utilizadas no para fines industriales sino como abono verde; por ejemplo, en el establecimiento de estos sistemas de cultivo es necesario el empleo de técnicas especiales de arado para volver a la superficie el suelo fértil que ha quedado cubierto por una capa de detritos de fertilidad muy baja: esto sólo se puede llevar a cabo por medio de aradas profundas que, al mismo tiempo, aumentan la porosidad del suelo y hacen que los elementos atmosféricos penetren con mayor facilidad a las capas inferiores y realicen el proceso químico de carbonatación, oxidación y otros de gran importancia en la formación de los terrenos laborables.

## **PERDIDA DE LAS AGUAS PARA USOS AGRICOLAS**

El aprovechamiento de las aguas es uno de los factores más trascendentales para el desarrollo de las industrias agrícolas en el país y en la actualidad se puede decir que es de los problemas más importantes que tiene el gobierno por resolver. Este aprovechamiento sólo se puede hacer en determinadas circunstancias ya que existe una diversidad de factores que impiden la utilización de muchas aguas para fines agrícolas y en-

tre ellos juegan un papel importante la erosión y la despoblación forestal.

En cuanto a esta última se considera por muchos investigadores que no tiene una influencia muy efectiva en el aumento de las aguas, pero a mi modo de ver el problema tiene dos aspectos perfectamente distintos los cuales deben desligarse si se quiere apreciar la influencia de la vegetación en el aumento o disminución de las aguas.

En primer lugar entremos a analizar los distintos factores que influyen en el aumento de las aguas y que corresponden a la intensidad de las lluvias y a las corrientes subterráneas. En cuanto al primer punto, algunos investigadores han llegado a la conclusión de que la vegetación no influye en la mayor o menor cantidad de precipitación pluvial debido a que la altura de la capa saturada de humedad no alcanza a tener influencia directa sobre las capas superiores por lo cual la precipitación no se aumenta por la vegetación. Sin embargo, se debe tener presente que aunque la vegetación no obre en esta forma, sí puede facilitar el aumento de las lluvias de acuerdo con su clase y localización; así por ejemplo, una plantación de árboles de gran tamaño localizada en las partes más altas de una cordillera puede impedir en forma más o menos efectiva el libre paso de las corrientes de aire por lo cual produce transtornos y corrientes ascendentes que obligan al agua en estado de vapor a concentrarse en estas partes, y por consiguiente, se producen aguaceros con más frecuencia lo cual demuestra en este caso que sí tiene alguna influencia sobre el régimen pluviométrico de una región la conservación de los bosques. (13) Por otra parte, está claramente explicado en capítulos anteriores el modo como la vegetación aumenta el poder de infiltración de los suelos que si se quiere es el factor principal para la formación de las corrientes subterráneas, por lo cual se puede decir que la vegetación aunque no tuviera una influencia decisiva en el aumento de las aguas lluvias, tesis muy discutible, por el sólo

hecho de aumentar el poder de infiltración y, por consiguiente, robustecer y defender las corrientes de agua, tiene una importancia trascendental.

La regulación de las fuentes de agua las efectúa la vegetación en una forma indirecta, puesto que ayuda e influye a una mayor infiltración que trae consigo un aumento considerable en las aguas subterráneas cuya función es alimentar el caudal de los ríos y quebradas en una forma continua. Esto es muy claro, si consideramos que la velocidad alcanzada por las aguas subterráneas es muy pequeña debido a que se efectúa por medio de la gravedad y tiene que vencer un sinnúmero de fuerzas, como rozamiento, capilaridad, etc. que influyen como agentes retardatrices de la velocidad. Por otra parte el movimiento de las aguas a través de la superficie del suelo se rige conforme a la ley de gravedad y muy particularmente de acuerdo con las fórmulas usadas para calcular la velocidad y el rendimiento en tuberías por lo cual la cantidad de agua que puede salir en un determinado momento es siempre constante, pues sobre la columna líquida no obra sino la fuerza de la gravedad (6 y 9).

De lo anterior se deduce la importancia que tienen las formaciones boscosas en la regularización y conservación de los caudales de aguas quedando también definida la influencia de la despoblación forestal en relación con este problema.

Ahora entremos a estudiar los fenómenos que se presentan en la pérdida de las aguas.

Como se ha visto anteriormente una de las medidas más usadas para evitar el derrubio de la tierra es la repoblación forestal y, en general, propagación de plantas de cobertura que eviten el arrastre de la capa fértil del suelo; considerando, pues, este factor y los puntos analizados en este capítulo no creo necesario tratar de nuevo este punto ya que la influencia de los bosques sobre la regularización de las aguas se puede aplicar sin excepción a la vegetación utilizada para

evitar la erosión pues el modo de obrar es perfectamente idéntico.

En cambio sí es necesario tratar aunque sea someramente la influencia que tiene la acumulación de los detritos producidos por el lavado de las aguas lluvias en los terrenos planos aledaños pues éstos sí tienen una trascendencia enorme debido especialmente a la gran capacidad de infiltración por lo cual las aguas que anteriormente corrían por la superficie, en la actualidad se han convertido en aguas subterráneas cuyo aprovechamiento sólo es posible por medio de bombas o de más elementos hidráulicos usados para este fin.

En la Provincia de Ocaña se puede apreciar de un modo palpable la pérdida de las aguas, especialmente en el Municipio de La Playa, en donde el cauce de la quebrada del mismo nombre está completamente cubierto por los detritos arrastrados por las lluvias de los cerros vecinos a tal punto que el lecho de la misma, sólo en partes aisladas, deja apreciar la cantidad de agua que lleva.

Este fenómeno que se presenta en los terrenos erodados no es solamente el causante de la pérdida de las aguas para fines agrícolas, ya que a pesar de tener una influencia decisiva en su aprovechamiento no es el único factor que influye puesto que los terrenos cercanos a éstos también están influenciados por el mismo fenómeno que trae como consecuencia el aumento del nivel por lo cual cada vez se hace más difícil el aprovechamiento de las aguas aun por los aparatos usados para elevarlas. Además, la cantidad de agua indispensable para fines de irrigación aumenta de un modo considerable pues ésta está regida directamente por las necesidades de las plantas y la clase de terreno en donde se efectúan las prácticas de riego. (9)

De lo anterior se ve claramente la importancia que tiene para la conservación de las aguas la represión de la erosión y el poner en práctica los medios indicados para evitar el derrubio del suelo, los cuales ayudarán a aumentar el caudal de las aguas y especial-

mente a regularizarlo de tal manera que en un tiempo largo se tenga un rendimiento sin variaciones muy grandes.

## **ESTABLECIMIENTO DE UN SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS, SUS FINES Y SUS METODOS**

Ya que se ha considerado el lavado de la tierra por las aguas lluvias en todos sus aspectos, para concluir este trabajo sólo falta estudiar de un modo especial la forma más conveniente y práctica de realizar un plan de conservación de suelos, indicando las medidas y los sistemas apropiados para implantarlo en el país, teniendo en cuenta las instituciones vigentes y los múltiples aspectos relacionados con este problema, de vital importancia.

Es innegable que el establecimiento de un servicio de conservación de suelos es de una urgencia inaplazable para el futuro desarrollo del país, tanto desde el punto de vista industrial como agrícola, por lo cual no entro a discutir las ventajas que esta institución podría traer, sino que, por el contrario, haré una ligera exposición en cuanto a los métodos y sistemas que se deban poner en práctica para lograr, en un tiempo más o menos corto, una defensa efectiva de los distintos suelos del territorio patrio.

Así pues, el fin primordial de este servicio, como su nombre lo indica, es la defensa y conservación de la fertilidad de los suelos por medio de medidas que sirvan no sólo para evitar la pérdida de zonas agrícolas por causa de los agentes naturales, la erosión en todos sus aspectos, sino también de aquellas provenientes de los continuos cultivos de las plantas, que año tras año, sustraen los elementos fertilizantes del terreno sin devolverlos en forma alguna.

Considerando, pues, este aspecto del problema vemos de una manera muy clara sus dos faces completamente distintas que llegan a un mismo resultado: el empobrecimiento del suelo; y, para resolverlas, se pue-

de considerar el asunto por estos dos aspectos: trabajos de defensa y labores de conservación propiamente dicha. Entremos a estudiar ahora cuáles serían los métodos indicados para el desarrollo del primer punto, o sean los sistemas más prácticos para emprender una campaña de defensa de nuestros suelos. En el transcurso de este trabajo hemos hablado de las medidas que deben ser puestas en práctica para evitar el lavado por las aguas lluvias, fenómeno éste, que tal vez es el causante de la pérdida más apreciable de los terrenos aptos para las labores agrícolas; medidas que pueden resumirse en la forma siguiente:

A) Determinación de las áreas cultivables, de acuerdo con la pendiente, según estas normas:

1º.—Pendientes mayores del 85%. Dedicadas única y exclusivamente a la formación de bosques permanentes, naturales o artificiales.

2º.—Pendientes del 50 al 85%. Para la formación de bosques con fines de explotación industrial.

3º.—Pendientes del 30 al 50%. Para la formación de patizales, con fines económicos. La formación de bosques maderables puede ser establecida en estos terrenos siempre que así lo determinen las condiciones económicas regionales. Además, en las pendientes comprendidas entre este límite y en campos propicios para el cultivo del cafeto, se puede llevar a cabo esta explotación.

4º.—Pendientes del 10 al 30%. Cualquiera de las medidas anteriores pueden ser tomadas, siempre que las características regionales indiquen su conveniencia. En caso contrario, sólo se podrá llevar a cabo el establecimiento de cultivos en franjas, terrazas u otras medidas mecánicas adecuadas para este medio.

5º.—Pendientes menores del 10%. Establecimiento de cultivos según los sistemas comúnmente empleados; sin embargo, es aconsejable que en los terrenos con una pendiente mayor del 5% se establezca una campaña para que los agricultores utilicen preferentemente los sistemas de siembra en franjas.

**Nota.**—Las normas anteriores pueden aplicarse de un modo general, exceptuando tan sólo aquellos terrenos que por ser adyacentes a los nacimientos de los ríos o quebradas, o por pertenecer a cuencas de las cuales se están aprovechando las aguas para usos agrícolas o industriales, deben permanecer cubiertas de bosques y que, por consiguiente, deben considerarse como de utilidad pública. Es importante anotar que los bosques del primer tipo, o sean los permanentes, se pueden explotar para la obtención de productos, siempre que los sistemas de beneficio no estén basados en la destrucción de los árboles. El gráfico que se incluye en seguida da una idea clara del plan propuesto anteriormente.

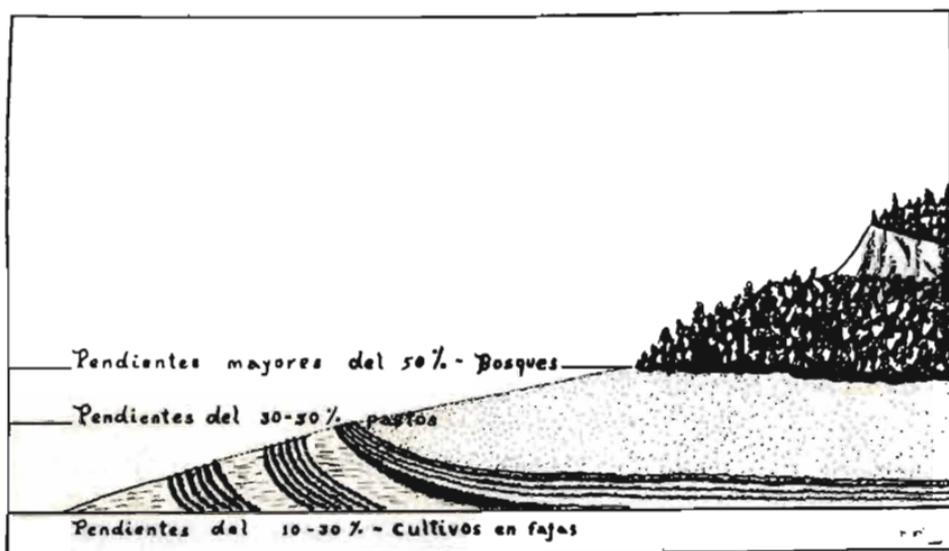


Gráfico N° 6 -- Demarcación del terreno de acuerdo con la pendiente.

B) Campaña de divulgación. Esta debe realizarse especialmente en las zonas en donde se presenta el fenómeno que nos ocupa y para ponerla en práctica hay que tener en cuenta el siguiente plan de acción:

1º.—Establecimiento de campos de demostración en donde se enseñarán prácticamente las distintas medidas para evitar el lavado de los suelos.

2º.—Formación de viveros de árboles y plantas

apropiados al caso en las distintas regiones para repartirlos entre los interesados de acuerdo con las características de cada zona y las necesidades del terreno. Además, se encargarán estos viveros de realizar las experiencias indispensables para obtener las plantas más apropiadas para cada región y en las distintas fases del problema que nos ocupa.

3º.—Divulgación por medio de publicaciones y conferencias cortas, sencillas y al alcance del agricultor, sobre los distintos sistemas recomendados para evitar la pérdida de los suelos.

C) Experimentación de los distintos sistemas más usados en otros países para evitar la pérdida de la capa vegetal en los suelos y determinación de las zonas que sufren los efectos de la erosión con mayor intensidad, para lo cual se tendrán en cuenta los siguientes puntos de vista:

1º.—Establecimiento de centrales de experimentación, por lo menos tres, distribuidas en nuestras zonas frías, medias y cálidas, dedicadas al estudio de las medidas empleadas para evitar la erosión, como también ensayos en el campo, de las plantas más indicadas para controlar el lavado del suelo y que al mismo tiempo puedan ser utilizadas con fines económicos. Además de común acuerdo con la Sección de Meteorología coadyuvar al establecimiento de estaciones meteorológicas en las regiones afectadas por la erosión, y dedicadas especialmente a la obtención de datos referentes a la intensidad de la lluvia (aguaceros) para lo cual estarán dotadas de pluviógrafos registradores. La importancia de estos datos se debe a que ellos son la base para estudios a fondo de este problema como se vio en el capítulo sobre climatología.

2º.—Establecimiento de un laboratorio central dedicado únicamente al análisis de los distintos suelos tanto desde el punto de vista físico como químico, para poder determinar así de un modo más exacto las regiones en donde la erosión puede causar mayores estragos. Además, anexo a este laboratorio existirá otro dotado

especialmente para realizar los distintos análisis e investigación de nuestros productos forestales y en general de todas las plantas que puedan llegar a ser fuente de materia prima para nuevas industrias.

3º.—En colaboración con el Instituto Geográfico Militar, que en la actualidad está levantando el plano agrológico nacional, determinar las áreas erodadas del país y las que en un futuro lejano puedan ser destruidas por esta fuerza natural.

4º.—En colaboración estrecha con la Sección de Biología Vegetal iniciar el estudio taxonómico de todas las plantas utilizables para evitar el lavado del suelo y el estudio de las plagas y enfermedades que puedan presentarse en las mismas.

D) Establecimiento de una oficina encargada de recolectar los datos estadísticos referentes a las pérdidas causadas por la erosión, áreas erodadas y áreas en las cuales se han establecido sistemas para evitar el lavado de la superficie del suelo, aumento en el costo de producción por la adopción de estas medidas y, en fin, resultados prácticos obtenidos por las mismas. Esta oficina anualmente se encargará de publicar los datos obtenidos al respecto para que sirvan de norma a futuras experiencias y sistemas de divulgación.

E) Revisión de la legislación existente sobre tierras, aguas y bosques y adopción de medidas más efectivas para obtener una mejor protección en la conservación de los suelos. Estas disposiciones deben contener sanciones más o menos drásticas y deben abarcar los puntos siguientes:

1º.—Determinación de los terrenos de utilidad pública a saber: nacimientos de ríos y hoyas hidrográficas de importancia por suministrar aguas para usos agrícolas o industriales y, en fin, demarcación de zonas destinadas al establecimiento de viveros de árboles silvestres autóctonos, típicos de cada región. Estos viveros deben estar ubicados en toda clase de suelos con topografía y condiciones ambientales diversas y tienen por objeto conservar para las generaciones futuras los

árboles naturales de cada uno de estos medios y que en un futuro pueden ser un renglón de explotación económica.

2º.—Creación de una policía forestal y rural con el fin de vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales vigentes en cuanto a zonificación, sistemas de cultivo, etc., y además, para efectuar la vigilancia en los campos y evitar la destrucción de los bosques.

3º.—Reforma de algunos estatutos vigentes sobre baldíos en el sentido de permitir la adjudicación de éstos para la explotación de árboles maderables existentes como también para la conservación de los bosques. Esta medida debe dar un plazo no menor de diez años para el establecimiento de una explotación industrial sin perder los derechos adquiridos sobre los mismos.

4º.—Es de gran importancia que se tomen medidas más drásticas en cuanto se refiere a la tala de los bosques sin un plan definido, en aquellas regiones en donde por su topografía no son adecuadas para el establecimiento de otras explotaciones con carácter económico y, solamente, son adecuadas para el establecimiento de bosques industriales o permanentes.

Para facilitar el cumplimiento de estas disposiciones es conveniente dictar una ley que impida el desmonte sin un plan definido, para lo cual todos los selvicultores o dedicados a estas actividades no podrán iniciar una explotación sin presentar un plan técnico ajustado a las normas dadas por la oficina de conservación de suelos y la cual estará encargada de expedir las respectivas licencias para las explotaciones industriales de los bosques, ya sea para la obtención de madera o extracción de resinas y otros productos.

5º.—Como la conservación de las aguas y el mejor aprovechamiento de las mismas está íntimamente relacionado con la mejor utilización de las tierras labrantías es necesario el establecimiento de medidas que permitan el desarrollo de una campaña de arborización con el fin de aumentar el agua disponible para los distintos usos agrícolas. Una forma efectiva de lle-

var a cabo este programa sería la existencia de una disposición legal que obligue a los propietarios de fincas rurales a dedicar un porcentaje de las mismas a explotaciones selvícolas, especialmente en lo referente a productos forestales, en cuya extracción no sea necesaria la destrucción de las plantas. El porcentaje dedicado a estas actividades puede variar de 1 a 10% según la extensión y condiciones regionales de cada finca. La localización de estas áreas dedicadas al cultivo de árboles industriales debe ser determinada de común acuerdo entre el propietario y un empleado del servicio de conservación de suelos, en cuya oficina se llevará un control estricto en cuanto respecta a la escogencia de las áreas que deben ser sembradas con este tipo de vegetación. Para obtener mayor efectividad en el cumplimiento de esta disposición es conveniente el establecimiento de una medida que impida la venta de cualquier propiedad raíz mientras no se exhiba el correspondiente certificado en que conste que el propietario ha cumplido la disposición anterior.

Ya que hemos visto las bases esenciales para el establecimiento de un sistema que impida la pérdida constante de nuestros suelos, entremos ahora a estudiar las medidas más recomendables para el establecimiento de una campaña en favor de su conservación, de su fertilidad y de su aprovechamiento económico desde este punto de vista.

Entre los principales organismos que debe tener el servicio de conservación de suelos, para mantener la fertilidad de éstos, están los siguientes:

A) Establecimiento de una sección encargada del control de las sustancias utilizadas y aprovechables como abono ya sean de fabricación o procedencia nacional o extranjera. Esta oficina puede tener a su cargo el control de los insecticidas y fungicidas que se consumen en el país, y determinar con toda exactitud cuáles son o no indicados en cada caso.

B) Adjunto a las granjas experimentales existentes y a las creadas para el estudio de las plantas au-

tóctonas para evitar la erosión, debe funcionar una sección encargada de la experimentación con leguminosas y otras plantas que puedan ser empleadas para el establecimiento de las rotaciones en los cultivos, y aquellas que puedan dar un resultado satisfactorio para la obtención de abono verde.

**Nota.**—Además de las oficinas antes enumeradas conviene organizar una sección de divulgación y estadística agropecuaria que trabajará de una manera conjunta con la establecida para recopilar los datos estadísticos relacionados con el problema de la conservación de suelos, y que tendrá por objeto la divulgación de los sistemas más aconsejables con relación a la conservación de la fertilidad de los suelos.

La organización del servicio de conservación de suelos y repoblación forestal puede efectuarse con los elementos de trabajo que existen actualmente en el país orientándolos, en una forma más técnica y práctica, dentro de las ideas expuestas en el presente estudio, haciendo de ellos un mecanismo de trabajo cuyo funcionamiento coordinado responda a la resolución de los múltiples problemas que se vayan presentando.

En mi concepto este asunto de vital importancia para la defensa agrícola y aun económica del país se resolvería satisfactoriamente con la creación de un Ministerio de Agricultura que comprendiera los departamentos de Agricultura, Ganadería, Tierras, Bosques y Colonización, Aguas y Meteorología, Economía Rural, Conservación de Suelos, Biología Vegetal (Botánica, Fitopatología y Entomología), Sanidad Vegetal, Laboratorio de Química e Investigaciones agrícolas. Así vendría a unificarse y a aprovecharse la acción dispersa que actualmente existe, concentrando todos los esfuerzos a la solución de estos problemas en un solo núcleo directivo, de tal suerte que funcionara como máquina de engranaje perfecto con rendimientos determinados y servicios definidos.

Este proyecto no trae consigo revolución en el presupuesto nacional ni como han dado en decir el es-

tablecimiento de una fronda burocrática, pues los organismos existen, los elementos están allí, la legislación es bastante completa, sólo falta el cerebro directivo y organizador que aprovechando lo que hay, comprenda el problema, desarrolle un plan de trabajos constante y de acción constructiva a largo plazo que vaya al campo, al agricultor, aun al mismo industrial, a resolver sus dificultades y mejorar sus sistemas, impulsar su iniciativa y llevar la certeza de que el Gobierno es un colaborador desinteresado y constante de sus intereses todos y tan sólo anhela el engrandecimiento futuro de la patria con el robustecimiento de las células vitales de la democracia.

## Bibliografía

- (1) *Bennett H. H.* La erosión del suelo y un programa nacional para la conservación del suelo. Conferencia Interamericana de Agricultura 1930.
- (2) *Bennett H. H.* General aspects of the soil-erosion problem. Yearbook 1938.
- (3) *Britton N. L. & Lowdermilk W. C.* Mimosaceae asd Caesalpinaceae of Colombia 1936.
- (4) *Cuervo Márquez C.* Tratado elemental de Botánica 1913.
- (5) *Davis P. A. & Wilson H. M.* Irrigation engineering. 1937.
- (6) *Dienert F.* Hydrologia agricole 1907.
- (7) *Enlow C. R. & Musgrave G. W.* Grass and other thick-growing vegetation in Erosion control. Yearbook 1938.
- (8) *Grahan H. E.* Legumes for erosion control and wildlife 1941.
- (9) *Israelsen E. O.* Irrigation principles and practices 1932.
- (10) *Joel A. H.* Soil conservation reconnaissance

- survey of the Southern great-plains.
- (11) *Kell W. V.* Strip cropping. Year book. 1938.
- (12) *Kelley J. B. & Welch E. G.* Soil erosion and its control.
- (13) *Kieing F. X. P.* The soils.
- (14) *Kraebe! C. J.* Erosion control on mountan road. 1936.
- (15) *Lyon T. L. & Bukman H. O.* The nature and properties of soil 1935.
- (16) *Munns E. N. & Preston J. F.* Fores for erosion control. Year book 1938.
- Sims I. H.*
- (17) *Nichols M. L. & Chambers T. B.* Mechanical mesures of erosion control Yearbook 1938.
- (18) *Obregón R. & Otoyá F. J.* La Agricultura intensiva en la Provincia de Ocaña.
- (19) *Osorio L. H.* Datos meteorológicos del Ministerio de la Economía Nacional.
- (20) *Risler E. & G. Wery* Irrigations et drainages 1916.
- (21) *Robledo E.* Lecciones de Botánica 1937.
- (22) *Uls E. J. Kellog C. H. y otros.* The prob'em: the nation as e Whole Yearbook 1938.
- (23) *Ullmann Fritz* Química Industrial.
- (24) *Sornay P. de* Les plantes tropicales alimentaires et industrielles de la famille des légumineusés.
- (25) *Roark R. C.* Tephrosia as an insecticide. A ri-view.
- (26) *Herry and Morrisson.* Feeds and Feeding.
- (27) *King F. H.* Météorologie agricole et prévision du temps 1941.
- (28) *A. Dugand* On the vegetation an plant resources of Colombia. Rev. Crónica Botánica.
- (29) *Ayres* Soil Erosion and its controls.