

ESCUELA NACIONAL
DE
AGRICULTURA Y GANADERIA

LA INFLUENCIA DE LOS BOSQUES EN LAS INUNDACIONES
DE MANAGUA, NICARAGUA
(CONTRIBUCION AL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS)

TESIS

CARLOS ADOLFO GONZALEZ SANCHEZ

MANAGUA

1966

NICARAGUA

LA INFLUENCIA DE LOS BOSQUES EN LAS INUNDACIONES
DE MANAGUA, NICARAGUA.
(CONTRIBUCION AL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS)

POR

CARLOS ADOLFO GONZALEZ SANCHEZ

TESIS

Presentada a la consideración del Honorable
Tribunal Examinador, como requisito
parcial para obtener el Título de

INGENIERO AGRONOMO

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA

MANAGUA NICARAGUA, C.A.

1966

LA INFLUENCIA DE LOS BOSQUES EN LAS INUNDACIONES
DE MANAGUA, NICARAGUA
(CONTRIBUCION AL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS)
POR
CARLOS ADOLFO GONZALEZ SANCHEZ.

TESIS

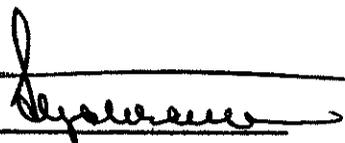
Presentada a la consideración del Honorable
Tribunal Examinador, como requisito
parcial para obtener el Título de

INGENIERO AGRONOMO

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA

MANAGUA, NICARAGUA, C. A.

1966

APROBADO: 
FECHA: 15 - X - 66

A mis padres:

JORGE Y EMMA

A la familia Freire:

Don ARTURO

Doña ALICIA

YOLANDA

A G R A D E C I M I E N T O

El autor consigna su más expresivo agradecimiento al Dr. Gerd Behrendt, Jefe de la Misión de la FAO en Nicaragua, por su inestimable ayuda, tanto en el asesoramiento como en la preparación del presente trabajo. Por igual motivo, hace extensiva su gratitud al Ing. Nils Jotland, Forestal de la FAO en Nicaragua.

De igual manera, testimonia su agradecimiento a las instituciones que como el Departamento de Suelos del Ministerio de Fomento, el Servicio de Meteorología y la sección Agrícola de la Dirección General de Censos, presentaron todo el apoyo necesario para la elaboración de este estudio.

Deja también constancia de la enorme obligación moral que siente el autor con el cuerpo docente, administrativo y educando de la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería de Nicaragua y especialmente con la Dirección del plantel, por los tres años de permanencia en este centro y plenos de sabias enseñanzas, franca camaradería y generosa hospitalidad.

El autor también se halla muy agradecido con el Profesor Francisco Terán, Técnico de la UNESCO, por su valiosa ayuda en la corrección del manuscrito.

C O N T E N I D O

	Pags.
Indice de figuras.....	xi
Indice de cuadros	xvi
Resumen	xix
Summary	xxi
A INTRODUCCION.....	1
Objetivos	7
B LITERATURA REVISADA	
I Definiciones y conceptos.....	8
La cuenca hidrográfica.....	8
La ordenación de cuencas hidrográficas...	9
El torrente.....	10
II La vegetación en la cuenca hidrográfica.....	25
Los tipos de vegetación y su efecto protec-	
tor.....	25
La alteración de las capas, forestales y	
arbustivas.....	31
Los cafetales y la conservación del suelo	
y el agua.....	32
Los pastizales y la conservación del sue-	
	xxi

	lo y del agua.....	37
C MATERIALES Y METODOS.		
I	Localización del área investigada.....	39
II	Constitución geológica.....	39
III	El torrente de Ticuantepo y su corrección....	43
	Descripción e importancia del torrente..	43
	Cálculos para la corrección.....	44
IV	Meteorología.	
	Precipitación.....	50
	Temperatura.	63
V	La escorrentía.....	63
	Factores de la escorrentía.....	64
	Estimación de la tasa de escorrentía, en la cuenca de recepción.....	94
	Estimación del volumen de escorrentía, en la planicie.....	96
D RESULTADOS Y DISCUSIONES		
I	Resultados de los cálculos para la corrección de la garganta del torrente.....	104
II	Valoración de los factores de escorrentía en la cuenca de recepción.....	108

	Relieve.....	109
	Infiltración.....	110
	Recubrimiento vegetal.....	110
	Acopio superficial.....	111
III	Tasa de escorrentía en la cuenca de recepción	112
IV	La vegetación y el tipo de explotación en la cuenca de recepción.....	113
	Extensión.....	116
	Uso de la tierra.....	117
	El uso de la tierra en las 10 explotacio <u>n</u> nes más grandes.....	124
	Comparaciones entre los datos obtenidos por PATTEN, en 1954, y los obtenidos de los datos del Censo de 1963.....	126
V	Aspectos de interés sobre algunos cultivos pe rennes.	
	El café.....	128
	El banano, el plátano y los guineos.....	139
	La piña.....	139
VI	Motivos para la modificación del tipo y la - distribución de la vegetación en la cuenca de recepción.....	141

	Disminución del caudal de avenida.....	142
	Mayor rendimiento agrícola del suelo.....	143
	Necesidad de crear zonas forestales.....	146
VII	Delimitación de la planicie.....	150
VIII	Valoración de los factores de escorrentía en la planicie.....	152
	Relieve.....	152
	Infiltración.....	152
	Recubrimiento vegetal.....	153
	Acopio superficial.....	154
IX	Volúmenes de escorrentía para los suelos de la planicie.....	155
X	La vegetación y el tipo de explotación en la - planicie.....	156
XI	Extencion de las Explotaciones	159
	Formas de tenencia.....	160
	Uso de la tierra.....	161
XI	Aspectos de interés referentes al laboreo en la planicie.....	169
	Rotación de cultivos.....	169
	Trabajos de conservación de suelos.....	169
	Implementos más usados.....	170

XII	Comparación de los datos de PATTEN con los obtenidos del Censo de 1963.....	170
E	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.....	175
I	Conclusiones sobre el torrente.....	176
	Clasificación.....	177
	La cuenca de recepción.....	177
	La garganta.....	177
	El lecho de deyección.....	179
II	Recomendaciones para la corrección de la garganta del torrente.....	180
III	Conclusiones respecto a la vegetación de toda cuenca de recepción.....	181
IV	Recomendaciones para la corrección de la cuenca de recepción.....	182
	Corrección de los cafetales.....	183
	Corrección de los potreros.....	185
	Plan de repoblación forestal.....	186
	Ordenación de bosques.....	192
	Medidas para favorecer la ordenación y la repoblación.....	201

V	Recomendaciones para la Planicie.....	205
	Problemas originados por la extensión de las propiedades.....	207
	Problemas originados por la forma de tenen cia de la tierra.....	209
	Solución de los problemas.....	210
	El empleo de los árboles en las diferen- tes clases agrológicas.....	
VI	Recomendaciones generales.....	
F	BIBLIOGRAFIA CITADA.....	
G	GLOSARIO.....	

ANEXOS:

Hoja No.1.- Localización de la zona en las hojas topográficas; isoyestas y límites de suelos.

Hoja No.2 .- Diferencias en la cubierta vegetal y erosión; y delimitación de los sectores según su rendimiento hidrológico.

INDICE DE FIGURAS

	Pags.
Fig No. 1.- Esquema de una cuenca de recepcioón.....	11
Fig. No. 2.- Corte longitudinal que muestra en forma escuemática la formación del lecho de deyección.....	16
Fig No. 3.- Vista transversal del lecho de deyección en su segunda, tercera y cuarta fase de formación.....	17
fig No. 4.- Vista longitudinal de una garganta corregida mediante la construcción de diques.....	24
Fig. No. 5.- Esquema explicativo de la función protectora de los arbustos.....	30
fig. No. 6.- Perfiles de suelo en una finca cafetalera, en los cuales se aprecian las pérdidas por erosión.....	34
Fig. No. 7.- Representación gráfica de la precipitación máxima y mínima mensual, según un registro de 8 años en la Hcda. Santa Rita (825 304 de la hga topográfica Las Merdedes)	52b
Fig. No. 8.- Representación gráfica de la precipitación media mensual, según un registro de 8 años en la Hda. Sta. Rita.	52b
Fig. No. 9.- Representación gráfica de la precipitación máxima y mínima mensual, según un registro de 8 años en "Lar Mercedes	52d
fig. No.10.- Representación gráfica de la precipitación media mensual, según un registro de 8 años, en "Las Mercedes".	52d
Fig.No.11.- Representación gráfica de los totales anuales de precipitación, registrados desde 1925 hasta 1963.....	54

	Pags.
Fig. No. 12.- Representación gráfica de la intensidades maximas de lluvia registradas en "Las Mercedes" en un período de 8 años.....	57
Fig. No. 13.- Representación gráfica de la frecuencia con la que se presentan las intensidades máximas en l año y en el período de registro (8 años).....	60
Fig. No. 14.- Representación gráfica de las intensidades de lluvia para varias frecuencias.....	61
Fig. No. 15.- Aspecto de la vegetación herbácea rala junto a árboles espesa. Nótese que la primera está localizada en las partes altas de las laderas y la segunda en el fondo de la cañada. En esta última capa vegetal se pueden observar los varios doseles.	83
Fig. NO 16. - Aspecto del suelo bajo una cubierta similar a la de la figura 15. Se observa la disposición en tresbolillo de los cafetales.....	83
Fig. No. 17.- Aspecto del sotobosque espeso.....	84
Fig. No. 18.- Aspecto de la vegetación arbórea escasa y arbustiva escasa.....	84
Fig. No. 19.- Aspecto de la vegetación arbustiva escasa y herbácea alta.....	85
Fig. No. 20.- Aspecto de la vegetación herbáces rala. Se observan los inicios de las cárcavas.....	85

Fig. No. 21.-	Aspecto de la vegetación arbustiva espesa.....	85
Fig. No. 22.-	Comparación entre la curva acumulativa de la lluvia - calculada para 8 años de frecuencia y la curva acumu- lativa de la lluvia caída el 9 de junio de 1958.....	98
Fig. No. 23.-	Diferencias, entre la curva acumulativa de precipita- ción, calculada para cada 8 años de frecuencia, y las curvas de infiltración acumulada, de 4 series de sue- los.....	100
Fig. No. 24.-	Diferencias, entre la curva acumulativa de precipita- ción, calculada para cada 4 años de frecuencia, y las curvas de infiltración acumulada, de 4 series de suelos	101
Fig. No. 25.-	Diferencias, entre la curva acumulativa de precipita- ción, calculada para cada 2 años de frecuencia, y las curvas de infiltración acumulada, de 4 series de sue- los.....	102
Fig. No. 26.-	Diferencias, entre la curva acumulativa de precipita- ción, calculada para una frecuencia anual, y las cur- vas de infiltración acumulada, de 4 series de suelos.	103
Fig. No. 27.	Curva que representa, la composición granulométrica de los acarreos del torrente.....	107
Fig. No. 28.-	Extensión de las explotaciones y formas de tenencia de la tierra (en la cuenca de recepción).....	118
Fig. No. 29.-	Las formas de tenencia en las explotaciones del grupo 1(en la cuenca de recepción).....	118

fig. No. 30.- La tenencia de la tierra en cada finca del grupo 2 (en la cuenca de recepción).....	118
fig. No. 31.- Las formas de tenencia en las explotaciones del grupo 3 (en la cuenca de recepción).....	118
fig. No. 32.- Resumen de las gráficas que contienen las exten- siones de las explotaciones y las formas de te- nencia de la tierra.....	119
fig. No. 33,- 39. El uso de la tierra.....	122
fig. No. 40.- 43.- El uso de la tierra en las 10 explotaciones más grandes de la cuenca de recepción.....	127
fig. No. 44.- Momento de limpia en una finca cafetalera.....	134
fig. No. 45.- Cobertura de leguminosas en una propiedad situada en las Sierras de Managua.....	134
ig. No. 46.- Apreciase la cobertura del suelo con barrujo y la dis- posición en cuadro de los cafetos.....	135
fig. No. 47.- Terraza individual y malezas a manera de cober- tura vegetal. Nótese también la disposición del cafeto en relación a la sombra.....	135
ig. No. 48.- Suelo con vegetación herbácea de escaso desarro- llo y sometido al pastoreo de ganado caballar y mular.....	136
fig. No. 49.- Erosión de cárcavas en las cunetas de los caminos.	136

fig. No. 50.-	La tenencia de la tierra en la planicie.....	162
fig. No. 51-.52.	Uso de la tierra en las propiedades del ler. estrato de la planicie.....	165
fig. No. 53.- 54.-	Desglosamiento del uso de la tierra en las explotaciones del ler. estrato en la planicie.....	
ig. No. 55.- 56.-	Desglosamiento del uso de la tierra en las explotaciones del 2o. grupo en la planicie.....	166
fig. No. 57.-	Desglosamiento del uso de la tierra en las explotaciones del 3er. estrato en la planicie.....	167
fig. No. 58.-	Uso de la tierra en las explotaciones más grandes (de la planicie).....	168
fig. No. 59.-	Aspecto del suelo después de haber pasado la banca.	172
fig. No. 60.-	Aspecto de una colonia desnuda de vegetación.....	172

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1	Datos que representan la precipitación mensual en milímetros, para un periodo de 8 años, en Santa Rita. (Coordenadas: 82, 5-30,4 de la hoya topográfica "Las Mercedes").....	52a
Cuadro No. 2	Datos que representan la precipitación mensual en milímetros, para un periodo de 9 años, en Las Mercedes. (Coordenadas 90,7-42,5 de la hoya topográfica "Las Mercedes")	52c
Cuadro No. 3	Valores acumulativos de la lluvia caída el 9 de Junio de 1958 y registrados en el pluviógrafo de Las Mercedes. (Coordenadas: 90,7-42,5 de la hoya topográfica "Las Mercedes").	56
Cuadro No. 4 y 4a.	Temperaturas máximas, medias y mínimas en todos los meses para Las Mercedes y Santa Rita.	62
Cuadro No. 5	Características importantes de las series de suelos colindantes con la fracción: tierras abruptas de montaña.	70
Cuadro No. 6	Características de importancia de las series de suelos existentes en la planicie.	75
Cuadro No. 7	Extensiones de las explotaciones y formas de tenencia de la tierra en la cuenca de recepción.	88

Cuadro No. 8	Extensiones de las explotaciones, formas de tenencia, y formas generales de uso de la tierra en la cuenca de recepción.	89
Cuadro No. 9	Desglosamiento del uso de la tierra, con cultivos anuales, en las explotaciones de la cuenca de recepción.	90
Cuadro No.10	Desglosamiento del uso de la tierra, con cultivos perennes, en las explotaciones de la cuenca de recepción.	91
Cuadro No.11	Forma de tenencias y forma general del uso de la tierra en las explotaciones de diferentes extensiones en la planicie.	92
Cuadro No.12	Desglosamiento del uso de la tierra en las explotaciones de la planicie.	93
Cuadro No.13	Capacidad de infiltración de los suelos.	99
Cuadro No.14	Análisis granulométrico de los acarreos del torrente.	105
Cuadro No.15	Calificación o valoración de los distintos tipos de recubrimiento vegetal.	110
Cuadro No.16	Aspecto general del uso y la tenencia de la tierra en la cuenca de recepción.	114
Cuadro No.17	Superficies de la cuenca de recepción con sus coeficientes de escorrentía.	112

Cuadro No. 18	Distribución de las explotaciones de la cuenca de recepción según sus extensiones.	117
Cuadro No. 19	Superficie de la cuenca con sus valores de rendimiento hidrológico.	142
Cuadro No. 20	Principales industrias madereras existentes en Managua, las especies usadas por ellas y sus fuentes de abastecimiento.	149
Cuadro No. 21	Volúmenes de agua que se escurren en un tiempo determinado para cada serie de suelo.	155
Cuadro No. 22	Aspecto general de la forma de tenencia y del uso de la tierra en la planicie.	156
Cuadro No. 23	Clasificación de las explotaciones según sus extensiones.	160
Cuadro No. 24	Especies sugeridas para la repoblación, y sus características dasonómicas.	192a

R E S U M E N

El objetivo inmediato del presente trabajo, es conocer los motivos y los factores que intervienen en el desaparecimiento de las zonas arboladas en los alrededores de Managua; puesto que a esto se deben las inundaciones periódicas de algunos sectores de la ciudad. Como complemento de tal reconocimiento se dan algunas recomendaciones.

El estudio se concretó a la Cuenca Hidrográfica de Tiquantepe y se desarrolla un bosquejo para su ordenación.

Para proceder al análisis y a la ordenación, se divide a la cuenca en dos zonas: la cuenca de recepción y la planicie. También se pone atención a la corrección del torrente que recoge las aguas que proceden de toda la zona de recepción.

Tanto a la cuenca de recepción como a la planicie, se las divide en sectores, a cada uno de los cuales se les valora de acuerdo a su posible rendimiento hidrológico; tomando en cuenta para ello los siguientes aspectos: el relieve del terreno, la capacidad de infiltración del suelo, el recubrimiento vegetal y el acopio superficial.

Se pone especial atención en averiguar el papel que desempeña la extensión de las explotaciones, la forma de tenen-

cia de la tierra y el uso a la que ésta está sometida, en relación a la conservación del suelo y del agua.

En cuanto al torrente, se llegó a la conclusión de que el lecho de deyección se halla en su segunda fase de formación y que por tanto, los poblados situados en sus proximidades están seguros hasta tanto dure esta situación; pero se hacen recomendaciones para la corrección de la garganta.

Se calcula la escorrentía en los suelos de la planicie, tomando en cuenta las máximas intensidades de lluvia que se han registrado en un período de 8 años (1957 - 1965), y se aconsejan algunas medidas para evitar los daños que ocasiona el agua de escorrentía bajo tales condiciones extremas de precipitación, que pueden ocurrir una vez en el lapso mencionado.

A continuación se establecen los motivos por los cuales es necesaria la ordenación de la cuenca de recepción y la secuencia en la cual debe procederse, así como también, los aspectos que deben tomarse en cuenta.

En lo referente a la ordenación de la planicie, igualmente se establece un orden de tratamiento, basándose en el relieve y la capacidad de infiltración del suelo.

Se pone especial interés en los problemas para la conservación del suelo, originados en la forma de tenencia de la tie-

rra y en la existencia de un gran porcentaje de extensiones pequeñas: sugiriéndose a continuación algunas soluciones.

El objetivo último de este estudio es establecer algunos puntos que debería comprender una Ley de Conservación del Suelo. Esto se consigue al sacar las consecuencias de este trabajo, que se pueden generalizar para cualquier lugar de Nicaragua.

SUMMARY

The object of this work is to know the causes and the facts which intervene in the disappearance of the wooded zones around Managua, since for this reason the periodical overflows of water in some sections of the city take place. As a complement of this fact some recommendations are made.

This study is limited to the Ticuantepe watershed and a sketch is developed for its management.

To proceed with the analysis and the management, the watershed is divided in two zones: the reception zone and the prairie. Attention is also paid to the correction of the torrent which carries the water that comes from all the reception zone.

Both the reception zone and the prairie are divided in sectors. Each one is appraised in accordance with its possible hydrological output taking care of the following aspects: the relief, the capacity of soil infiltration, the vegetal cover and the surface storage.

Special attention is paid to find out the part that extension of the exploitations play, the form of land tenancy and the use which is made of it, with relation to the soil and the water conservation.

Regarding the torrent, the following conclusion was reached: its "bed of deposition" is in its second phase of formation and therefore the small towns located around it are

safe as long as this situation holds on, but recommendations are made for the correction of the trough.

The runoff volume is calculated on the ground of the prairie, taking into account the highest intensity of rain precipitations that have been registered in a period of 8 years (1957-65). and some advices are given to avoid damages caused by water runoff under such conditions of precipitation which can occur once during the mentioned time.

It is hereby mentioned why it is necessary the management of the reception zone and the order in which this ordination has to proceed, also the aspects that have to be taken care of are established.

Referring to the prairie ordination, a treatment sequence is established, based on the relief and capacity of ground infiltration .

Special interest is placed on the problems for the soil consevation ,originated in the way of the land tennance and in the existence of a great percentage of small extensions, suggesting the following solutions.

The last objective of this study is to establish some facts ~~that~~ should comprehend a "Soil Consevation Law". This can be made taking out the consequenc of this work that can be generalized for any place in Nicaragua.

A.- I N T R O D U C C I O N

Los efectos nocivos causados por la tala de los bosques en los alrededores de Managua han determinado, por contraste, cual es la influencia benéfica de la cubierta forestal.

Es muy difícil el cálculo de los daños ocasionados por las inundaciones, pues afectan a una gran diversidad de bienes, directa e indirectamente. Sin embargo, se puede recurrir a los indicadores de utilidad¹⁾ llamados beneficios parciales²⁾ y costos de sustitución.³⁾ De esta manera también se puede conocer la importancia del manejo de los rodales existentes, como medida preventiva contra los aluviones.

Si se usa el indicador "costo de sustitución", cabe citar el gasto en el que se incurre para el control de la erosión en los cauces naturales y en la construcción de otros nuevos. Esta cifra asciende a los dos millones de córdobas, sin incluir los costos que demandan las medidas de conservación de suelos y caminos (11).

Si se utiliza el indicador "beneficios parciales", hay que referirse a los daños que se pretenden evitar y de cuya gravedad dió testimonio la prensa capitalina en los años: 1954, 1955, 1964, 1965 y 1966.

En 1954 se nombró una comisión para que estudiara cua-

les eran las causas que originaban el fenómeno y para que delineara un plan de defensa contra tales aluviones. En efecto, en 1957 se publicó el estudio del Plan Regulador, intitulado: " Control de Aluviones.- Investigación del drenaje pluvial en la Ciudad de Managua " (11).

En este informe se enfatiza, en la tala de los bosques y el cultivo mecanizado como causas de las inundaciones y de la erosión. Se asegura también, que las corrientes que drenan en diferentes partes de la ciudad habían aumentado considerablemente durante los años 1954 y 1955. Tal situación continúa aún igual en 1966. Se anota además, que la erosión y la sedimentación son tan grandes, que llenan los cauces completamente, ocasionando luego su desbordamiento.

El plan que se prescribe en dicho informe consta de dos partes:

- .- La construcción de un sistema de cauces.
- .- La conservación de suelos, que tendrá por objeto controlar la erosión y evitar las pérdidas de agua y suelo en los terrenos cultivados, los cauces naturales y los caminos vecinales

En 1964, la ciudad nuevamente se vió amenazada por el fenómeno y a raíz de ello, se elaboró el "Informe preliminar de ingenieros pro defensa de Managua" (12 de junio de 1964). En este estudio se dividió a la zona afectada por las inundaciones en tres grandes sectores: los barrios occidentales de Managua, los barrios orientales y la zona de Sabana Grande incluyendo el Aeropuerto. Se considera al sector oriental como el más afectado y el de mayor importancia por ser zona urbana; sin embargo, igual importancia tiene la zona de Sabana Grande y el Aeropuerto.

Partiendo del supuesto de que las inundaciones, la erosión y la sedimentación son los síntomas de un mal manejo del complejo aguasuelo-planta, era imprescindible el conocer detalladamente el ambiente agrícola que predomina en la zona que circunda a Managua, pues entre sus particularidades figuran las causas de la tala de los bosques y los impedimentos que existen, tanto para el restablecimiento de una cubierta forestal, como para el empleo de adecuadas medidas de conservación del suelo.

Era también importante conocer la localización y la extensión de las zonas críticas que requerían una inmediata a-

gua después de 1990 (22).

Estos últimos datos hacen ver la necesidad de mantener y enriquecer la fuente de agua subterránea que servirá en la época prevista.

El ejemplo por medio del cual se puede apreciar el tipo de uso que se da al suelo y al estado de la vegetación en la parte alta de la cuenca, es el cauce que hace a la altura de Casa Colorada y que luego de correr sobre la llanura que se halla a los pies de las sierras de Managua, desagua su caudal a un kilómetro hacia el este del final de la pista del aeropuerto, recientemente ampliado.

Con cálculos aproximados se pudo averiguar el caudal del cauce, que año tras año ocasiona serios problemas a los habitantes de las zonas aledañas.

La cuenca puede servir además como unidad de desarrollo agrícola al hacer estudios más exhaustivos, que den una imagen completa y precisa de la zona en su aspecto económico y social.

El presente trabajo tiende a servir como antecedente para la promulgación de una Ley de Conservación de suelos, que contemple disposiciones favorables a la repoblación y

a la ordenación forestal, como también, decretos que regulen el uso de la tierra y cualquier otra reglamentación tendiente a conservar y a mejorar la condición del suelo. De esta manera se logrará contener, por ejemplo, " la fiebre del algodón" que conduce a los agricultores a ocupar suelos propios para cultivos perennes o semiperennes, con tal cultivo escardado.

Con este propósito, se explica detalladamente la contribución de cada factor: caracter del suelo, tipo de vegetación, relieve del terreno y forma de acopio superficial, en las inundaciones.

A más de los objetivos directos que se señalan en el presente trabajo, con él se aspira a conseguir que las Instituciones Gubernamentales pongan interés en defender esta zona y las demás que se encuentran en condiciones similares, de los estragos de la erosión producidos por la deforestación.

Objetivos

Los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

- .- Clasificar y valorar las diferentes zonas de la cuenca, según su rendimiento hidrológico potencial. Esta valoración servirá para determinar el orden en el que debe procederse para la ordenación de la cuenca.
- .- Desglosar los factores que afectan la estabilidad del suelo en la cuenca de estudio.
- 1- Dar algunas recomendaciones para la ordenación de la cuenca hidrográfica.
- .- Establecer algunos de los puntos que debería contener una Ley de Conservación de Suelos.
- .- Llamar la atención para que se establezcan zonas grandes de desarrollo, encuadradas preferentemente en cuencas hidrográficas.

B.- LITERATURA REVISADA.-

I.- Definición y conceptos.

.- La cuenca hidrográfica.

Cuenca hidrográfica es una área que comprende algunos miles o cientos de hectáreas, desde las cuales el agua se drena a un solo canal.

Además, ellas son consideradas como una unidad económica y social para el desarrollo de la comunidad y para fines de conservación del agua, el suelo y los bosques (7), pues evidentemente, la forma como trata cada quien a su terreno afecta en mayor o menor grado a la productividad de las tierras pertenecientes a los vecinos (14).

En cuanto a la extensión de una cuenca hidrográfica, ésta está determinada:

- .- Por el carácter topográfico.
- .- Por el carácter de los problemas que en ella existen y de los objetivos del plan de ordenación (14).

La ordenación de cuencas hidrográficas.

Como se ha anotado anteriormente, en la cuenca hidrográfica se consideran una serie de recursos. De ellos, los principales son el agua y el suelo, siendo el primero " el elemento dinámico" (14).

Al considerarse a estos recursos como las partes de un complejo que no funciona adecuadamente, se supone que la causa de ello radica en el estado de "desorden" de como son usados y como están distribuidos en el área los distintos recursos. Por éello, el trabajo encaminado a hacer desaparecer los efectos nocivos de ese mal uso y distribución de los factores en una hoya hidrográfica dada, se denomina "ordenación de cuencas hidrográficas".

Pero no es ese el único objetivo que persigue la ordenación, también se ordenan los recursos en tal o cual sentido para lograr tal o cual objetivo (14). Este puede ser:

- .- Mejora de una cuenca hidrográfica determinada para disminuir la erosión excesiva y la desviación de los cauces por las tormentas.

- .- Mantenimiento de una situación satisfactoria.
- .- Aumento de la producción de agua.

Como ejemplo del tercer objetivo se puede mencionar el trabajo realizado en la cuenca del río Otún en Colombia. El objetivo perseguido en esa hoya era el mantenimiento de un caudal óptimo en dicho río, pues de él dependía el suministro de agua de la ciudad de Pereira y el buen funcionamiento de las centrales hidroeléctricas de dicha ciudad (6).

.- El torrente.

Según SCIPION GRASS a quién menciona GARCIA NAJERA (18), el torrente es una corriente natural cuyas características principales son: la intensidad y repentina aparición de las crecidas y la magnitud e irregularidad de las pendientes.

Partes constitutivas del torrente.- A consecuencia del proceso de formación del torrente, quedan establecidas sus diferentes partes constitutivas:

- .- Cuenca de recepción.
- .- Garganta o canal de desagüe.
- .- Lecho de deyección o cono de deyección.

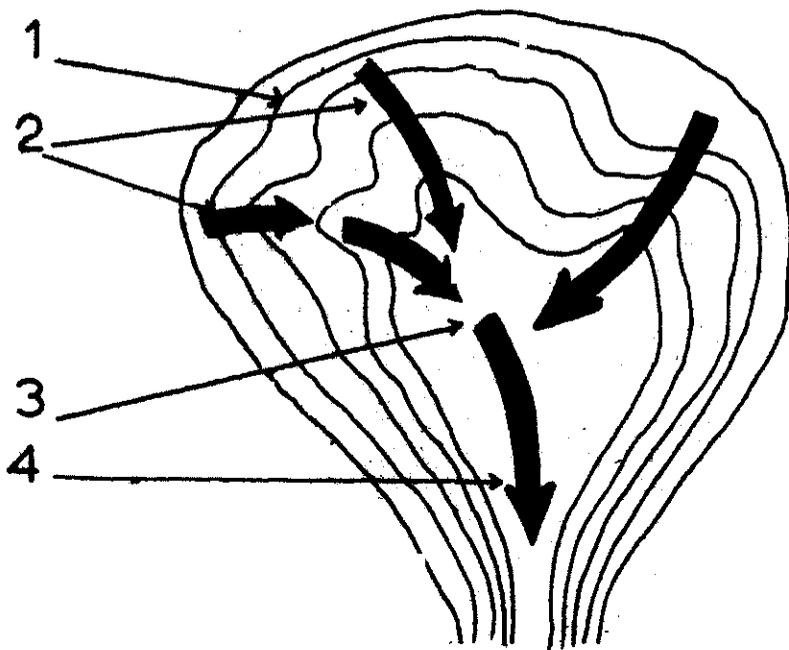
.- Canal de desagüe.

En cada una de ellas se verifican fenómenos distintos.

En lo referente a descripción y los demás temas sobre el torrente, se seguirá a GARCIA NAJERA (21), quien se ocupa muy extensamente de este asunto en su obra intitulada "Principios de Hidráulica Torrencial. Su aplicación a la corrección de torrentes".

1.- Esquema de una cuenca de recepción

- 1.- Curvas de nivel
- 2.- Arroyos y cauces secundarios
- 4.- Cauce principal
- 5.- Comienzo de la garganta



Cuenca de recepción.- Está constituida por la parte más alta del torrente y se caracteriza por adoptar una forma de embudo (ver fig. 1), con sus paredes grandemente surcadas por barrancadas muy profundas. Esto conduce a que toda el agua cargada de detritus y materiales de arrastre se reuna en el punto de salida, que es la entrada al cauce. Esta sección de la cuenca hidrográfica es la que proporciona al torrente la mayor parte del caudal líquido y del total de materiales de arrastre (18).

Según SCIPION GRASS, mencionado por GARCIA NAJERA, se distinguen cuatro tipos de cuencas de recepción.

.- Primer tipo. En las cuencas de este tipo, la forma de embudo es poco aparente y consiste en una roca, muchas veces casi cortada a pico, cuya altura puede llegar a varios centenares de metros; su superficie está cortada por numerosos barrancos.

.- Segundo tipo.- En estas cuencas de recepción, la forma de embudo es muy aparente y se las encuentra cavadas en terrenos de fácil disgregación.

.- Tercer tipo. Estas cuencas, tienen las características de los dos tipos anteriores; están formadas por altas ro-

cas desnudas, en cuya base se encuentra el embudo característico.

.- Cuarto tipo. Se caracterizan por ser cuencas compuestas de otras simples que pertenecen a los tres primeros tipos, pero, que coinciden en una sola vaguada. Este tipo de cuenca comprende millares de hectáreas y da origen a los grandes torrentes.

Garganta o canal de desagüe.- Se denomina garganta por cuanto el cauce se halla entre orillas escarpadas (18) y llámase canal de desagüe por cuanto es la porción del torrente que conduce el agua de escorrentía de toda la cuenca de recepción (8).

Este canal se caracteriza porque presenta las grandes variaciones de pendiente que son propias de todo torrente, lo cual conduce a que las aguas adquieran grandes velocidades durante las crecidas.

El nombre de canal de desagüe lo aplica GARCIA NAJERA (21) (18) a la última parte del torrente por las razones que se apuntarán oportunamente. El fin de la garganta es el punto en el cual empieza el depósito de los materiales.

El principal fenómeno que ocurre en esta parte del ca-

nal, es el transporte de los materiales; ellos pueden provenir ya sea de la cuenca de recepción como del fenómeno erosivo que también se observa en el lecho y en las paredes del canal.

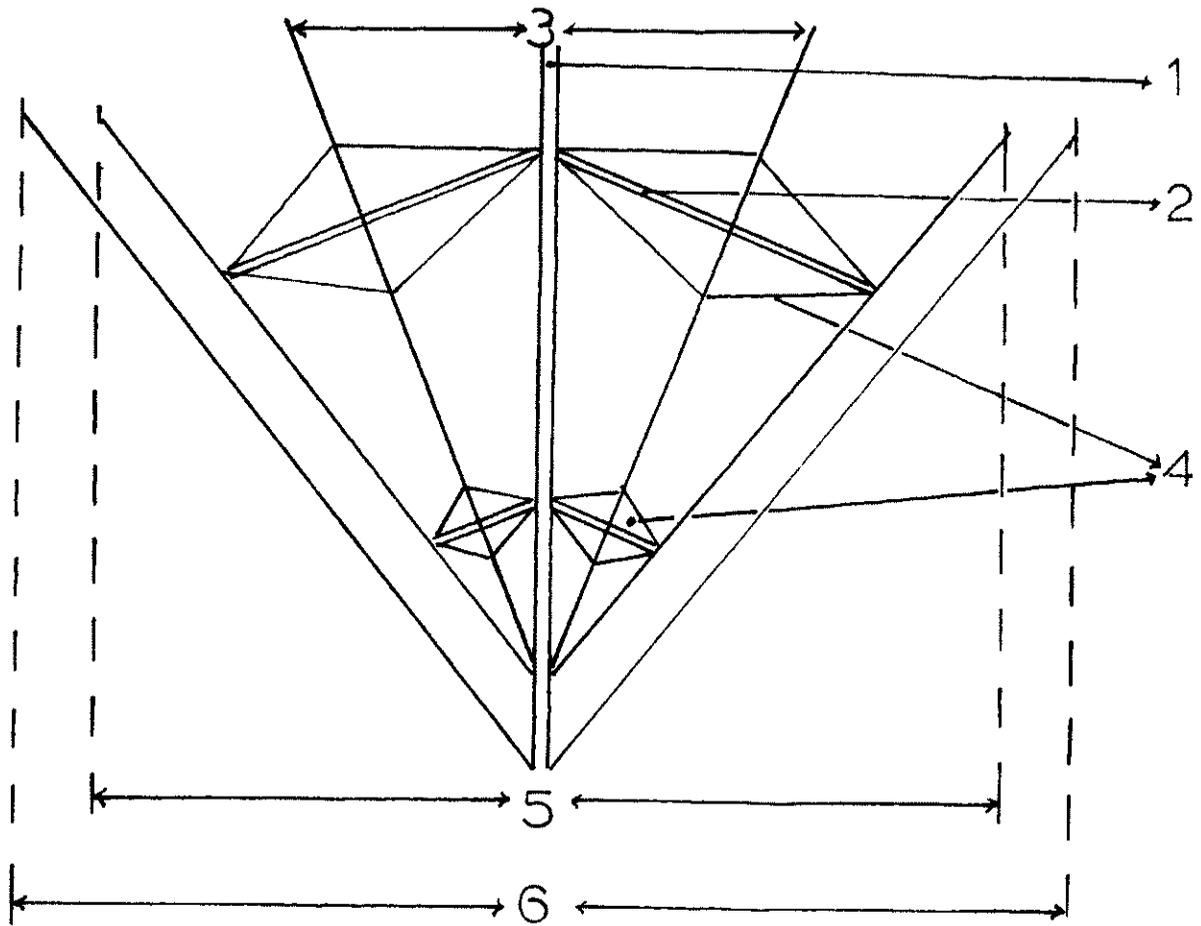
La longitud de la garganta puede variar desde un punto, para las cuencas de recepción del primero y del segundo tipo, hasta varios kilómetros, en aquellas que pertenecen al tercero y cuarto tipo.

En los torrentes simples, el comienzo de la garganta se halla en el punto en el que se estrecha la cuenca de recepción. En tanto que en los torrentes compuestos, se halla donde se le une el último afluente de importancia (21).

Lecho de deyección o cono de deyección.- El cono de deyección comienza donde termina la garganta, ó sea cuando desemboca en la llanura. Su nombre se debe al principal trabajo que se desarrolla en este sector, ó sea la deposición de materiales; puesto que la pendiente disminuye y por ende la velocidad del agua.

El nombre de cono describe la forma que adopta el depósito de los materiales. Según la observación de GARCIA NAJE-

FIG. 3 VISTA TRANSVERSAL DEL LECHO DE DEYECCION EN SU SEGUNDA TERCERA Y CUARTA FASE DE FORMACION.



1= CAUCE PRINCIPAL

2= CAUCES DE LAS PIRAMIDES
FORMADAS EN LA TERCERA FASE

3= PIRAMIDE DE LA 2ª FASE

6= PIRAMIDE DE LA

4= PIRAMIDES DE EJE PER
PENDICULAR A LA DE
LA TERCERA FASE

5= PIRAMIDE DE LA 3ª FASE

FASE

Segunda fase.- Como el cauce del torrente tiene cierta anchura, el extremo del semicono es la base menor cuyo diámetro es igual a la anchura del canal. Al ir depositándose más materiales en la base, los que llegan por el centro serán empujados hacia adelante y los de los lados irán formando una prolongación del canal. En esta forma continúan colocándose los conos hasta formar en conjunto la pirámide de que se ha hablado; (ver fig. 2) con la base contra la montaña y acostada sobre una de sus caras laterales, mientras que por su arista superior corre el torrente. Aquí termina la segunda fase.

Tercera fase.- Comienza su formación una vez que la pirámide anterior está completa y que los materiales empiezan a depositarse en el canal. (Ver fig. 3). Como este último tiene poca profundidad, se obstruye, y en consecuencia se desborda a uno y otro lado. Así se originan nuevas pirámides que se hallan en sentido perpendicular a la dirección del eje de la que se formó en la segunda fase. En conjunto, como todas tienen la misma pendiente de compensación, forman una pirámide sobre la llanura, de la misma longitud que la de la segunda fase, pero con los lados más abiertos.

Cuarta fase.- (Fig. 3).- Una vez formada esta **gran** pirámide, los materiales empiezan a depositarse en el canal del torrente avanzando aguas arriba. La pirámide de la tercera fase aumenta de tamaño continuamente sin que varíe la relación de sus dimensiones, ya que la pendiente de compensación ha de conservarse mientras el estado de torrencialidad no cambie.

Esta fase puede durar hasta la extinción del torrente ó hasta que el punto extremo de la pirámide llegue a una corriente con la suficiente fuerza de arrastre para llevarse todos los materiales acarreados por las aguas.

si la pendiente de la llanura es menor que la de compensación, se alarga la pirámide de la segunda fase; si es igual, no hay depósito y la segunda fase dura indefinidamente, y si es mayor, habrá erosión y el torrente tenderá a encajarse (18).

El proceso de formación del lecho de deyección es importante conocerlo, pues sólo cuando se halla en la segunda fase de formación hay cierta seguridad para los cultivos y las po-

blaciones situadas en sus flancos o en sus proximidades.

La seguridad existente se debe a que el agua corre por el canal formado en la arista superior de la pirámide, sin que haya desbordamientos. Pero esta seguridad puede desaparecer al producirse una crecida extraordinaria que ocasione nuevos desbordamientos.

.- Canal de desagüe.- En el caso de que la pirámide del lecho de deyección sea completa y de que entre su extremo y el río o fuente de recepción del agua que mana del torrente medie una gran distancia, entonces se forma una cuarta sección, llamada canal de desagüe.

Este sector se caracteriza porque las aguas ya no llevan acarreos, porque todos ellos se han depositado en el lecho de deyección. El torrente tiende a encajarse para marchar inofensivo hasta el río.

No hay diferencia fundamental entre un río y un gran torrente; las mismas leyes regulan tanto la corriente de agua, como el drenaje, el transporte y la acumulación (18).

Clasificación de los torrentes. Existen diferentes sistemas de clasificar a los torrentes, pero el que mas interesa se

funda en los daños que pueden ocasionar. GARCIA NAJERA (18) menciona los sistemas de clasificación según DEMONTZEY y THIERY. Correlacionando estas clasificaciones se podría formularlas así:

Torrentes de erosión. (Según DEMONTZEY). Son los que acarrean materiales provenientes de la erosión de su propio lecho y de las laderas de la montaña.

Torrentes de canchales. Según THIERY. Son los que acarrean únicamente los detritus de rocas caídos en su lecho.

Torrentes mixtos según THIERY, y de canchales según DEMONTZEY. Son los que además de arrastrar los productos de la erosión, arrastran también los detritus de las rocas.

Torrentes glaciares según THIERY y DEMONTZEY. Son los que nacen a la terminación de un glaciar y llevan los materiales que proceden de las morrenas de aquel.

En España (18) existen dos clases de torrentes:

Los de montaña. Estos son alimentados por las nieves y tienen una gran pendiente.

Torrentes tipo rambla. Este es un tipo de torrentes cuya descripción puede coincidir con la del presente trabajo. Se caracterizan por nacer en pequeñas altitudes, poseer una o varias conchas de erosión y una garganta ancha y de poca pendiente. Esta última puede tener varios kilómetros de longitud, así como puede quedar reducida a un punto. La garganta desemboca en un valle o en una llanura, formando pirámides de depósitos poco aparentes por el escaso valor que suele tener la pendiente de compensación. Estos torrentes sólo tienen agua en tiempo de lluvias; su caudal sólido procede de la erosión en su mayor parte y los materiales comunmente no son de gran tamaño (18).

.- Teoría de la corrección de la gargante del torrente.- Ya se había hablado de la necesidad y de la naturaleza de los trabajos para la corrección de la cuenca de recepción y de como tal medida influiría en la disminución del caudal que pasa por la gargante y el canal de deyección.

En la garganta, el principal fenómeno que ocurre es el transporte de los materiales provenientes de la cuenca de recepción; pero el fenómeno erosivo es también de mucha im-

portancia en este sector del torrente, debido principalmente a la gran cantidad de material de arrastre y a la gran velocidad que lleva el agua en este tramo.

Por tanto, un trabajo muy importante para disminuir esos dos fenómenos, es la construcción de diques en el cauce, ya sean estos de consolidación o de retención, dependiendo de los fenómenos que se quieran controlar.

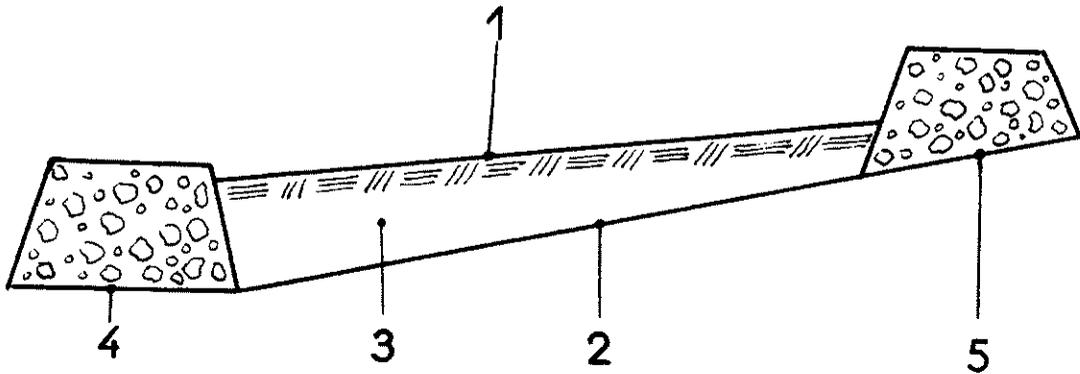
Naturalmente que las obras de corrección en la garganta deberán hacerse al mismo tiempo que en la cuenca de recepción ; pues en caso contrario, los diques tendrían una utilidad muy corta, debido al gran acarreo de materiales (18).

Por tanto, es importante el cálculo del caudal que lleva los acarreo: pero no sobre la base de la máxima crecida que ocurre muy rara vez, sino de aquellas que se producen todos los años y que causan la erosión y la sedimentación, que constituyen el factor del cual depende la forma del lecho. A este caudal, GARCIA NAJERA (18) le llama "caudal generador del lecho". De esto también depende la pendiente de compensación que han de tomar los aterramientos de los diques, lo cual, a su vez determinará la altura de estos últimos.

El lecho del cauce posee mediante de compensacion cuando sobre él fluye una corriente saturada de acarreo, que tienen la misma naturaleza los que depositados en aquel (18).

se dice que la mediante de compesicion determinara la altura de los siges, porque estas dejaran de ser útiles en el momento en que los correos se hayan acumulado aguas arriba de aquellos, tomando la pendiente de compensación, como se ve en la figura No.4.

Fig. 4.- Vista longitudinal de una garganta corregida mediante la construccion de diques



1.- Pendiente de compensación.

2.- Pendiente original

3.- terramiento

4 y 5.- Diques

II.- La Vegetación en la cuenca hidrográfica

Como se había indicado, la cuenca de recepción constituye la parte más alta de la cuenca hidrográfica y su topografía es bastante irregular o accidentada. Debido a esto, los suelos son menos estables y muy susceptibles a la erosión. En consecuencia, la vegetación adecuada para esta zona, desde el punto de vista de la conservación del suelo, es la arbórea y la arbustiva en las partes más escarpadas y los pastos en las de menor pendiente (18).

Los árboles y los arbustos tienen una acción reguladora de la cantidad de agua que se escurre e influye en la estabilidad del suelo.

Los tipos de vegetación y su efecto protector.

Acción protectora ejercida por los árboles.- Tienen gran acción interceptora del agua de lluvia. Se ha comprobado que una copa densa puede interceptar del 25 al 30% de la precipitación anual y más del 90% de cada tormenta con un coeficiente de precipitación inferior a 0.10 pulgadas o más. Pero la intercepción disminuye en proporción directa con la

densidad de la capa forestal (14).

No solamente el dosel formado por las copas intercepta el agua de lluvia, sino que también lo hace el barrujo, aunque en menor proporción.

Pero la capacidad de intercepción es efectiva tan solo para lluvias moderadas y va disminuyendo conforme aumenta el tiempo y la intensidad de la precipitación (24).

Los árboles aumentan la porosidad y la permeabilidad del suelo. Este aumento puede producirse por las siguientes razones :

Las raíces bienen al drenaje de las capas profundos y particularmente en el caso de los suelos que contienen capas impermeables (9).

Las raíces extraen de las capas profundos del suelo una buena cantidad de agua destinada a la transpiración. Esto quedó demostrado en Utha (17), donde se derribaron los árboles de álamo de raíces profundas y se dejaron en pie las plantas herbáceas con raíces superficiales. A menor cantidad de agua utilizada por estas últimas, una mayor proporción de

la precipitación quedó disponible para la escorrentía.

HOOVER (24), al referirse al movimiento del agua en los suelos forestales, dice que, bajo la cubierta vegetal un suelo se seca más lentamente que cuando éste está desnudo, porque las pérdidas de agua se distribuyen por toda la rizósfera. Pero cuando los 30, 48 cms. superficiales del suelo están en su capacidad de campo, poco importa que el suelo esté cubierto o desnudo porque pierde el agua con la misma velocidad.

En los suelos forestales, la capacidad de almacenamiento de agua de los 30, 48 cms. superficiales sobrepasa los 7.62 cms., pero puede reducirse hasta 0,25 cms. en los suelos compactos sometidos a un mal aprovechamiento; en tanto, que en un suelo bajo una masa de árboles de edad madura puede almacenar hasta 10,16 cms. de lluvia caídos en una hora, sin que haya escorrentía.

Cuando los horizontes superficiales son muy permeables, grandes cantidades de agua se mueven lateralmente a través de ellos. Este caudal es un componente importante en los gráficos hidráulicos torrenciales en las áreas forestales, pero su contribución es a largo plazo y no transporte sedimentos.

.- Al morir el árbol, dejará en el suelo una parte de sus raíces , las mismas que descomponerse incorporarán material orgánico de gran porosidad.

.- Ayudan a la mayor actividad de la fauna del suelo.

.- Los árboles ejercen acción de capa amortiguadora.

Esta acción la ejerce el bosque gracias a las partes vegetativas muertas que al caer sobre el suelo forman capas, las cuales impiden que las gotas de lluvia, al golpear sobre el suelo desprendan las partículas de tierra que más tarde serían transportadas por el agua de escorrentía (24).

.- Ejercen acción de sujeción sobre las partículas del suelo. Las raíces de los árboles agrupan y sostienen las partículas y los conglomerados en contra de la acción desprendedora y de transporte ejercida por el agua. Esta acción alcanza a gran profundidad. Cualquier inicio de barranco bajo una cubierta herbácea, se detiene gracias a la acción de sujeción de las raíces de los árboles, que le impiden avanzar en profundidad (17).

Acción protectora de la vegetación arbustiva. En la cuenca de recepción también existe la cubierta arbustiva que

juega un rol muy importante en la disminución de la velocidad del agua de escorrentía. Si bien en el caso de los árboles, como dice GARCIA NAJERA (18), se puede asumir que la distancia entre plantas sea cero, en cambio, cuando se trata de los arbustos si se puede hacer esta suposición. (Fig. 5). Esta premisa puede representarse por las fórmulas:

$$V = C \quad RI \quad (1); \quad S = \frac{1}{v} \quad (2)$$

En la que:

V= Velocidad del agua

C= Coeficiente de velocidad

I= Pendiente

R= Radio medio

S= Sección de paso entre las plantas

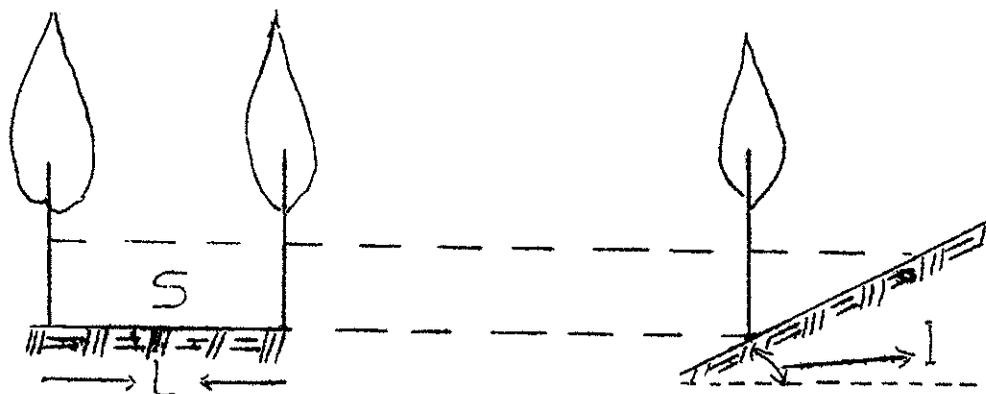
q= Caudal por unidad de longitud libre.

L= Distancia entre arbustos

(nótese en la ecuación (2) que si se la convierte en

$V = \frac{qL}{S}$ se demuestra claramente que la velocidad del agua está en función directa con la distancia entre las plantas; por lo tanto, si L se aproxima a 0 (cero) la velocidad del agua también lo hará.

Fig. 5.- Esquema explicativo de la función protectora de los arbustos.



El mencionado autor llega a la conclusión de que, en un terreno donde la distancia entre plantas disminuye mucho, la velocidad está comprendida entre cero y la mitad de la velocidad u que correspondería al terreno desnudo de vegetación. Ello indica que se puede admitir que en un terreno bien poblado de árboles y matorrales se tendrá:

$$V = \frac{U}{4}$$

Por tanto, la velocidad del agua de escorrentía es cuatro veces menor. También se puede considerar como que la cantidad de lluvia se ha disminuido a la cuarta parte; o que la acción que retrasa la escorrentía, ejercida por la vegetación, se ha cuadruplicado.

La alteración de las capas forestales y arbustivas.

El buen estado de las capas forestales y arbustivas, localizadas en las Sierras de Managua, han sido alterado debido a muchas causas, entre las que caben mencionar:

.- Las emanaciones gaseosas del volcán Santiago. En el periodo comprendido entre los años 1927 y 1946, en las zonas aledañas a Casa Colorada, estas emanaciones afectaron a enormes

plantaciones de café que desaparecieron junto con la sombra que les protegía. El fenómeno lo explica ZOPPIS DE SENA (43) de la siguiente manera: " el gas que emanaba del volcán estaba constituido casi totalmente por el vapor de agua que contenía pequeñísimas cantidades de anhídrido sulfuroso, el cual se disolvía en la neblina y formaba un rocío ácido, que al depositarse sobre los retoños los esterilizaba.

.- El hombre. Este ha sido un factor decisivo en la alteración de la capa forestal en esta zona, pues grandes extensiones de terreno con gran pendiente los ha dedicado a plantaciones de café o a pastos que sirven para alimentar a unos pocos animales destinados al transporte de los productos.

El algodón también empieza a aparecer en declives superiores al 8%.

.- Los cafetales y la conservación del suelo y del agua.

Es muy importante el papel que desempeña el café en la conservación del suelo y del agua, puesto que este cultivo ocupa sitios estratégicos en la cuenca de recepción.

Es de anotar, sobre todo, que las zonas ocupadas en las Sierras con cafetales, son consideradas como marginales para este cultivo, debido a los cambios bruscos de temperatura y a la gran velocidad de infiltración del agua en el suelo.

Es importante entonces conocer la opinión de diferentes técnicos sobre la influencia que tienen los cafetos como protectores del suelo contra la acción erosiva del agua. MARRERO y GARCIA (19) dicen que el café y su sombra se comportan, más o menos, como cualquier otro cultivo limpio si no se provee al suelo de una buena cubierta vegetativa que le de protección. Estas afirmaciones las respaldan con los datos obtenidos en la Estación Experimental Federal de Mayagüez e informados por SMITH y OBRU O, quienes establecen la diferencia entre las pérdidas del suelo en un cafetal provisto de terrazas individua-

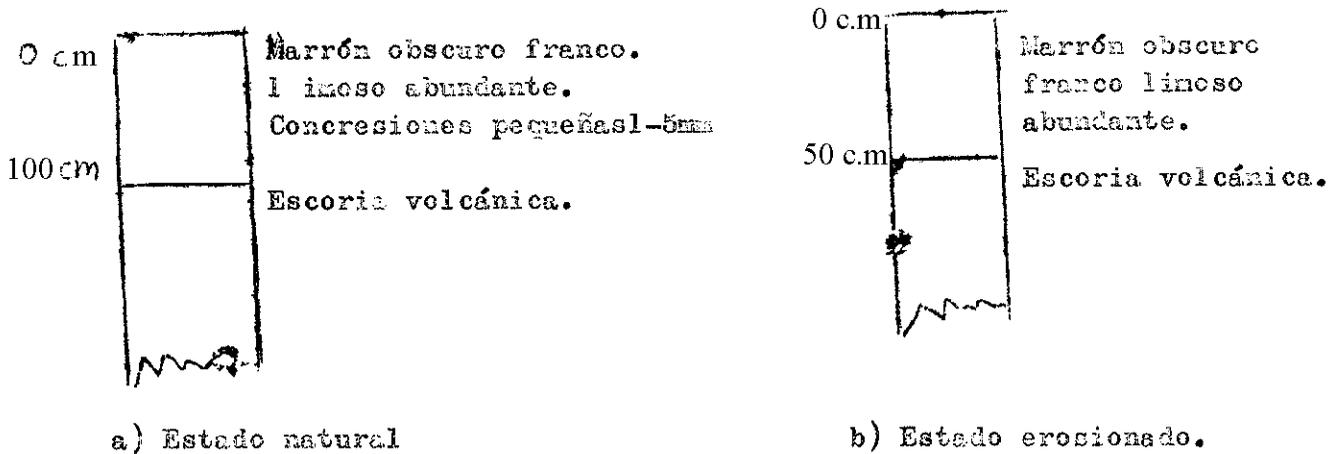
les y cubierta vegetativa, con otro sin cubierta protectora. En el primer caso se perdieron 600 libras de suelo por cada 0,4347 Hás. bajo la precipitación de una pulgada, mientras que en el segundo caso se perdieron 6.000 libras por la misma unidad de extensión y bajo la misma cantidad de precipitación.

MARRERO y GARCIA (19) hacen alusión a la erosión barran-cosa en los cafetales, señalando al agua proveniente de cami-nos, carreteras o predios adyacentes, como la causante de la presencia de ese tipo de erosión en los terrenos con café. Por ello recomiendan el debido encauzamiento de estas aguas.

En una cuenca hidrográfica de Puerto Rico, la zona cul-tivada tan sólo correspondía a un total de 3% de la superfi-cie, pero los daños por erosión procedentes de esta pequeña área alcanzaban el 40% de las pérdidas de suelo (42). Según VILMIL, (42) a fin de reducir a un mínimo tales pérdidas, NOLL recomendó la ordenación mejorada de los cafetales, ase-gurando que una buena medida sería la de mantener una cubier-ta vegetal debajo de estos plantíos.

Hoy ya existen las señales de la erosión en algunos lu-gares de la cuenca de recepción. Ello se puede apreciar en los dos perfil con los cuales del Departamento de Suelos i-lustra su informe sobre la finca Sta. Rita, localizada en las Sierras de Managua (28).

Fig. 5.-Perfiles de suelo en una finca cafetalera, en las cuales se aprecian las perdidas por erosión.



.- Algunos aspectos en el cultivo del café.- Clima. Aunque algunos técnicos consideran que la zona de las Sierras es marginal para el cultivo del café, PATTEN (30) opina que el café se cultiva con óptimos resultados a alturas que varían entre los 393m. y los 2,362 m., s.n.m. en los países tropicales, y como la mayor parte del café en las Sierras se halla entre los 400 m. y los 900 m., s.n.m., se puede decir que su localización es la óptima.

Si a temperatura se refería, el autor mencionado dice que la media anual ideal para el café son los 20°C. y el rango en el que varía está entre los 30° C. y los 15° C.

que son los límites de temperatura. Asevera que temperaturas mayores que las máximas y menores que la mínima prescritas, no permiten el desarrollo de los frutos. Luego cita que la temperatura media anual en las sierras varía entre los 21° y 25° C. (dependiendo de la altitud) y que la temperatura máxima varía entre los 27° y los 16° C. A continuación admite que la máxima diaria excede los 30° C.

Esta última particularidad sirve de base para que a tal zona le consideren los técnicos como marginal.

En cuanto a precipitación, el café a esta altura requiere de un total anual que varía entre los 1.100 m.m. y los 1,980 m.m.; pero es necesario que haya lluvias ligeras durante la época seca, porque los cafetos necesitan de humedad durante todo el año.

.-Sombrio.- Respecto a la sombra, PATTEN dice que algunos tipos de árboles son utilizados para proveer sombra temporal y permanente. Agrega que el primer tipo de sombra la proporcionan especialmente las plantas de banano, que también son usadas como sombra permanente en el 4% de las plantaciones.

.- Desyerba.- PATTEN (30), al respecto dice, que junto

a la poda anual, el cultivo se limitaba generalmente a la desyerba, comunmente con un pesado azadón, 3 o 4 veces al año; pero que había una tendencia a abandonar esta práctica, por el interés de conservar la fertilidad del suelo y para prevenir la erosión.

Hoy, felizmente, ya ningún campesino hace uso del azadón para desyerbar en su reemplazo usa el machete; como puede apreciarse en la figura No. 44.

El mismo autor se refiere al mal empleo de los residuos vegetales, al anotar que sólo en el 89% de los casos la hojarasca era removida en los cafetos antes de la cosecha y dispersa sobre el suelo en forma de mulch. En el porcentaje restante al suelo se lo mantenía limpio.

.- Fertilización.- En base a los 96 análisis del suelo, hechos por el servicio Agrícola de la Casa Esquivel, PATTEN (30) recomienda que las fertilizaciones del café deben ser a base de alto contenido de N. y de P.

.- Los pastizales y la
conservación del suelo y del agua.-

En lo que se refiere a la protección dada al suelo por los pastos, se señalarán otros tantos criterios.

En la misma cuenca hidrográfica en Puerto Rico, a los pastizales no mejorados, que ocupaban el 37% de la superficie de la cuenca, les correspondía el 21% de las pérdidas del suelo y el 14% de ellas a los montes arbustivos, que comprendían el 26% de la superficie (42).

En vista de esto y de la necesidad de reducir a un mínimo la erosión del suelo, NOLL, citado por WILMIL (42), también recomendó entre otras cosas: el mejoramiento de los pastizales mediante fertilización, el tratamiento y la conservación de las tierras cultivadas, la agricultura de tipo prático, y el aumento del área forestal. Además, WILMIL (42) considera que: " en la medida de lo posible, la agricultura debe sujetarse a normas prácticas; quizás combinadas con la reforestación mediante el procedimiento "TAUNGYA" u otro similar".

"ILMIL (42) aconseja que la densidad de los rodales es el fin de una política forestal, siempre que así lo justi-

quen los problemas existentes en la cuenca, como en el caso de que se produzcan inundaciones a causa de deficiencias en la cubierta forestal; ante tal circunstancia, la explotación de aquella debe ser muy prudente.

GARCIA NAJERA (18) manifiesta, que aunque el pastizal da mayor protección al suelo que los cultivos, en cambio hay que tener mucho cuidado en establecer el límite de la pendiente permisible para este **tipo** de vegetación, pues en cuanto la erosión laminar en los pastizales haya roto la corteza del suelo, defendida por la vegetación herbácea y arbustiva, la formación de cárcavas y barrancadas es inmediata y la erosión avanzará con rapidez si no se acude a contenerla con los medios adecuados.

Llega este autor a la conclusión de que el 30% es el límite superior de la pendiente admisible para pastizales, cualquiera que sea la naturaleza del suelo, pero con la condición de que el tapiz vegetal se encuentre en perfectas condiciones. Como medida de prudencia no se recomiendan pendientes mayores del 25%.

C.-MATERIALES Y METODOS.-

I.- Localización del área investigada .

La zona de estudio forma parte de la gran cuenca del Lago de Managua. Su borde sur lo constituye la porción de las Sierras de Managua, que queda inmediatamente al este del volcán Santiago, y su extremo N. se halla situado a 1 km. al E., aproximadamente, del fin del aeropuerto recientemente ampliado.

Su exacta ubicación se puede apreciar con ayuda de la hoja No.1 del anexo, que es la ampliación de una sección de las siguientes hojas topográficas: Las Mercedes, San Rafael del Sur, Managua y Masaya.

II.- Constitución geológica.

Si se tiene muy en cuenta que los daños causados por el torrente se deben, directa o indirectamente, a los materiales que arrastran las aguas, es lógico suponer que tales torrentes no existen en lugares donde predominan las rocas resistentes a la acción erosiva y de descomposición por agentes meteorológicos.

GARCIA NAJERA (18) al respecto cita a SURKEL, quien menciona que en el valle de la Romanche en España, bajo un mismo clima se presentaban grandes diferencias entre los gneis y las calizas. En el primer caso, la roca estaba cortada casi a pico y el agua descendía en cascadas; en tanto que en el segundo caso, el agua cavaba y formaba torrentes de escasa energía.

PATTEN (30) y TERAN e INICER (35) se refieren en sus obras al aspecto geológico de la cuenca hidrográfica de Ticuantepe. A ella también se refiere el Informe a la Empresa Aguadora de Managua, hecho por la Compañía HAZEN AND SURKEL (22).

Según los citados autores, en su comienzo, la cuenca del lago de Managua era parte de la llanura del Pacífico, que se formó por la emersión e incorporación, durante el Pleistoceno, de toda la gran masa de sedimentos marinos.

Durante la época citada, los sedimentos se consolidaron, y debido a una invasión del mar sobre la llanura, esta quedó cubierta por una capa de calizas madreporicas.

Posteriormente, la emersión sufría inclinaciones y compresiones que dieron origen a un anticlinal, equidistante entre Managua y la costa del Pacífico y a varias fallas parale-

las al anticlinal. Más hacia el N. E. se formó otra serie de fallas paralelas a las primeras.

La Depresión Nicaragüense, que contiene al lago de Managua y al Cocibolca, se formó por el hundimiento de la zona que se hallaba entre las dos series de fallas.

A fines de la Era Cuaternaria, con el reaparecimiento del vulcanismo, se formaron numerosos volcanes a lo largo de las fallas y se acumuló gran cantidad de material volcánico sobre los sedimentos marinos. (22, 30, 36).

Los depósitos volcánicos alcanzan una altura de hasta 900 m., según lo afirmado por TERAN e INCER (36). Naturalmente que tal capa " borró la fisonomía original de la llanura de origen sedimentario". Pero esta eposición de material volcánico no existe en la franja estrecha del Pacífico.

Además de las fallas mayores, se formaron las fallas menores en un ángulo de 60° en relación con las primeras. Esto originó la erupción de los volcanes a lo largo de dos ejes de dirección norte-sur, cerca de Managua. Una de estas fallas va desde el Valle de Ticombo hasta la laguna de Apoyo, mientras que la otra se halla al este de la primera y se extiende desde el volcán Santiago hasta cerca del poblado de Veracruz (22, 30, 36)

Dentro de la cuenca de Ticuantepe se halla una parte de la gran caldera del volcán Masaya.

La Sierras de Managua empiezan a elevarse suavemente frente a Mateare y se extienden en dirección .E. La erosión afecta grandemente el lado N. de la meseta, donde la pendiente es muy pronunciada por ello, las laderas se hallan surcadas por muchas cárcavas que conducen gran cantidad de lodo volcánico.

Resumiendo, se infiere que el substrato de toda la cuenca del Lago de Managua está formado por sedimentos marinos, y sobre él se depositó el material de origen volcánico.

Este último está constituido por cenizas, piroclásticos, piedras pomez y tufas. Tal material está dispuesto en capas alternadas de sentido irregular, según la dirección de la procedencia del material. Cada capa es diferente, en su composición mineral.

Las capas del subsuelo contienen arcillas y mezclas de conglomerados de origen volcánico de distinto tamaño, incluyendo gravas y arenas.

En la zona de estudio existen las rocas llamadas talpetate y canteras. Además se pueden encontrar capas de lava, como la que fluyó del volcán Masaya y llegó a nivel de Co-

fradía. (22, 30, 36).

III.- El torrente de Ticuantepe y su corrección.

Descripción e importancia.

El eje de la hoya lo constituye un cauce que permanece sin agua la mayor parte del año. En él, según datos proporcionados por los vecinos de la región, desde su cabecera hasta su desembocadura, el agua corre unicamente en días de grandes tormentas y siempre ocasionando graves daños, por el arrastre de materiales de distinta naturaleza y por la deposición en la llanura de dichos materiales.

se cuentan también algunas víctimas entre sorprendidos viandantes : pues es de anotar que en varios sectores el cauce es utilizado como camino por ejemplo los 4, 5 km. que llevan desde Veracruz hasta el puente de la línea férrea, a 2 km. al E., aproximadamente, de Sabana Grande.

Las características de este cauce se ajustan a las de un torrente. Su longitud es de 35,5 km., medidos desde el punto donde nace el afluente de mayor longitud, hasta la desembocadura del torrente.

Teniendo en cuenta su caracter , la regulaci3n de dicho cauce juega un importante papel en la ordenaci3n de la hoya.

Para efecto de la regulacion , era preciso conocer a fondo cu3l era el caracter del cauce y cu3les eran las reglas general es a las que obedecia su comportamiento en determinadas condiciones de torrencialidad .

C3lculos para la correcci3n.

.-Nomenclatura de las f3rmulas y cifras.-

V= Velocidad del agua.

R= Radio medio (calculado en base al 3rea y perimetro medidos).

J= Pendiente promedio (medida).

$\frac{1}{n}$; n= coeficiente de rugosidad , cuyos valores son:
40.0 y 0.025 respectivamente , para canales de tierra, arroyos y r3os (128).

q= caudal generador del lecho

Cs=coeficiente de velocidad (cualidad).

J_d=pendiente de compensacion de aterramiento
(medida).

g= 9.81 = gravedad .

u = Velocidad del agua .

$$= (C_s^2) Y$$

w = l = peso específico del agua.

x = 0.1 = proporción de sedimentos (por lo general).

= peso específico de los acarreos (obtenido).

$$C = \frac{87}{1 - \frac{C}{VR}} = \text{coeficiente de BAZANI.}$$

= 1,75 = coeficiente de rugosidad para canales de tierra que presentan gran resistencia (18).

h_1 = altura del cauce (medida)

= coeficiente de SCHOKLITSCH. (calculado).

V_x = Volumen máximo de los acarreos .

V_m = Volumen medio de los acarreos .

= 3.1 = coeficiente que corresponde a gravas, según la tabla. Para el cálculo de la fuerza de arrastre necesaria para mover una piedra de volumen dado (18).

Q = caudal

h_2 = altura del agua (calculada).

b = anchura del cauce (medida).

.- Objetivo cuyo cálculo es necesario .- El tamaño máximo

de los acarreos.

Debido a que el estado torrencial de una corriente se puede apreciar en el lecho de deyección o en algún aterramiento de la garganta, se escogió el tramo aledaño al puente del ferrocarril para recoger la muestra de los acarreos necesarios para conocer el tamaño máximo, el tamaño medio y el in-

En este punto se encontró que uno de los materiales mayores tenía un volumen de 0.07 m³.

. -El tamaño medio de los acarreos. Primero es preciso fijar el tamaño que separa los sedimentos de los acarreos. Esto se consigue determinando aproximadamente la velocidad del agua, por lo cual se hicieron algunas mediciones del ancho del cauce y la altura a la que llegaba el agua. Al mismo tiempo, también se medía la pendiente con la ayuda de un clinómetro dando por resultado, una pendiente promedio igual a 3.2 %.

Con estos datos se aplica la fórmula de GAUGUILLET y KUTTER:

$$V = \frac{23 \frac{1}{n} \frac{0.00155}{j}}{1 + (23 \frac{0.000155}{j}) \frac{n}{R}} \quad R\bar{J} = 7,44 \text{ m/seg}$$

La componente vertical de la velocidad oscila entre 1/10 y 1/30 de la horizontal. Se recomienda 1/15, pero debido a que la velocidad que se ha calculado es muy alta, y a fin de utilizar la tabla para fijar el diámetro límite que separa a los sedimentos de lo que son acarreos, se usará el coeficiente 1/30.

$$\frac{7.44}{30} = 0,24 \text{ m/seg}$$

Estos valores se computan con los de la tabla en la cual THOULET da las velocidades, en metros, necesarias para equilibrar esferas de diferentes diámetros y pesos específicos (18). La velocidad obtenida se aproxima a la que es necesaria para equilibrar esferas de un peso específico igual a 2.500 kg/l.5m³ y con un diámetro de 5 m.m.; ó sea que todos los materiales de un diámetro menor a 5 m.m. se considerarán como sedimentos y los mayores como acarreos.

Para conocer la composición granulométrico de los arrastres, se tomó una muestra de ellos en el tramo de cauce adyacente a la línea férrea, en donde parece que se han depositado varias capas de materiales durante algunos años, sin haber sido alteradas por el hombre. Se recogieron en total 188,50 libras de material.

Luego de pasar por el tamiz de 5 m.m., el peso total quedó reducido a 37,50 lbs. A su vez, los acarreos fueron tamizados usando mallas de : 5, 9, 13 y 16 m.m. de diámetro. Como resultado se tiene el cuadro No. 14 y la curva de composición granulométrica que se representa en la figura 27.

Cálculo del caudal generador del lecho.- Esto se reduce

a resolver las ecuaciones siguientes:

$$q = \frac{g u^3}{2 (C_s)^2 d}$$

$$u = \sqrt[4]{\frac{3g S^2}{2(C_s)^2 j_d g}}$$

Cálculo del coeficiente de velocidad:

$$C_s = C \sqrt{\frac{w^3}{(1+x) (w_0 x_0)^3}} = 23.27$$

Cálculo del coeficiente de SCHOKLIUTCH.

$$= \frac{0.385 \delta (6-w) \lambda V_x}{w \left[1 + 4/10.5 \left(\frac{V_x}{V_m} - 1 \right) \right]} = 0.0119$$

W= Peso específico de la suspensión.

$$w = w_0 x (d - w_0) = 1 = 1.14 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo de

$$= (C_s)^2 = 6.443$$

La pendiente de compensación del aterramiento (J_d) se midió exáctamente con un nivel, en el lugar donde se recogió la muestra de sedimentos.

Cálculo de la velocidad del agua.

$$U = \frac{4 \cdot 3g}{2 (C_s)^2 J_d + g} = 2.61 \text{ m/seg}$$

Cálculo del caudal generador del lecho.

$$q = \frac{gu^3}{2(C_s)^2 J_d} = 10.73 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$= \frac{2bc}{g} = 427.08 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Cálculo de la altura del agua.

$$h_2 = \frac{2q}{gu} = 0.83 \text{ m.}$$

O sea que actualmente, el caudal de crecida promedio, al que se aproxima el que corre en cualquier momento, y todos los años, es de $27,08 \text{ m}^3/\text{seg.}$ Este caudal es el que provoca la erosión del cauce.

IV.- Meteorología.

Precipitación.

El factor dinámico del ciclo hidrológico, y el causante de una gran parte de la erosión en la cuenca de recepción, más que en la planicie, es el agua proveniente de las precipitaciones.

Los aspectos de la precipitación que más interesan para el presente estudio son:

- .- Los totales mensuales y anuales.(en m m.)
- .- Las lluvias de diseño: intensidades, frecuencias y área abarcada.
- .- La precipitación mensual y anual.- De acuerdo a la clasificación climática de KOEPPEN () la costa del Pacífico pertenece al clima tropical de sabana.

El invierno astronómico que comprende: Diciembre, Enero y Febrero es relativamente seco. O sea que llueve muy poco o nada. En tanto que el verano astronómico es húmedo y corresponde a Junio, Julio y Agosto. Abril y Noviembre son los meses de transición entre la época seca y la húmeda.

La circulación de los vientos que afecta a Nicaragua es primordialmente la de los Alisios, los cuales de preferencia se dejan sentir en la vertiente del Caribe.

Durante el invierno, la influencia principal procede de la circulación del N. del N.E. e incluso del N.O. Esto significa que un aporte de aire frío y relativamente seco es advectado por los grandes sistemas (de presión) anticiclónicos desde la parte central de los E.E. UU. e incluso del Canadá. Esto explica las faltas de lluvia de Diciembre a Marzo.

Pero durante el verano, la circulación proviene del Este (alisios) y transporta aire cálido y húmedo, lo cual produce la pluviosidad desde Mayo hasta Octubre.

Hay además varios fenómenos que afectan a Nicaragua y que acompañan a los Alisios. Estos son los llamados "Ondas del Este" y "la zona de Convergencia Intertropical".

Las ondas del Este son fenómenos atmosféricos que se acompañan de mal tiempo (chubascos, tolvánicas, e incluso pueden favorecer la formación de huracanes). Estos fenómenos se originan en las partes accidentadas de la costa africana, ó sea en el Atlántico Ecuatorial y se desplazan hacia el Oeste, afectando toda la región del Caribe.

La zona de Convergencia Intertropical se debe a la in-

cidencia los Alisios del Hemisferio Norte que soplan del Noreste y los Alisios del Hemisferio Sur que soplan del Sureste. Esta convergencia origina nubes de gran desarrollo vertical.

Los máximos de precipitación en Junio y en Octubre corresponden a las 4 o 6 semanas posteriores a los pasos del sol por el meridiano del lugar, en Abril y a fines de Agosto.

La distribución de la precipitación en los diferentes meses, en la cuenca de recepción, se pueden observar en las gráficas 7 y 8, que fueron hechos en base a los datos del cuadro 1.-

Similar distribución se aprecia en los gráficos 9 y 10 confeccionados en base a los datos del cuadro 2.

A la zona de estudio la cruzan las siguientes isoyestas: 1.100 mm., 1.200 mm., 1,400 mm., 1,500 mm., y 1,700 mm.; cuyas localizaciones estén señaladas en la hoja No.1 del anexo.

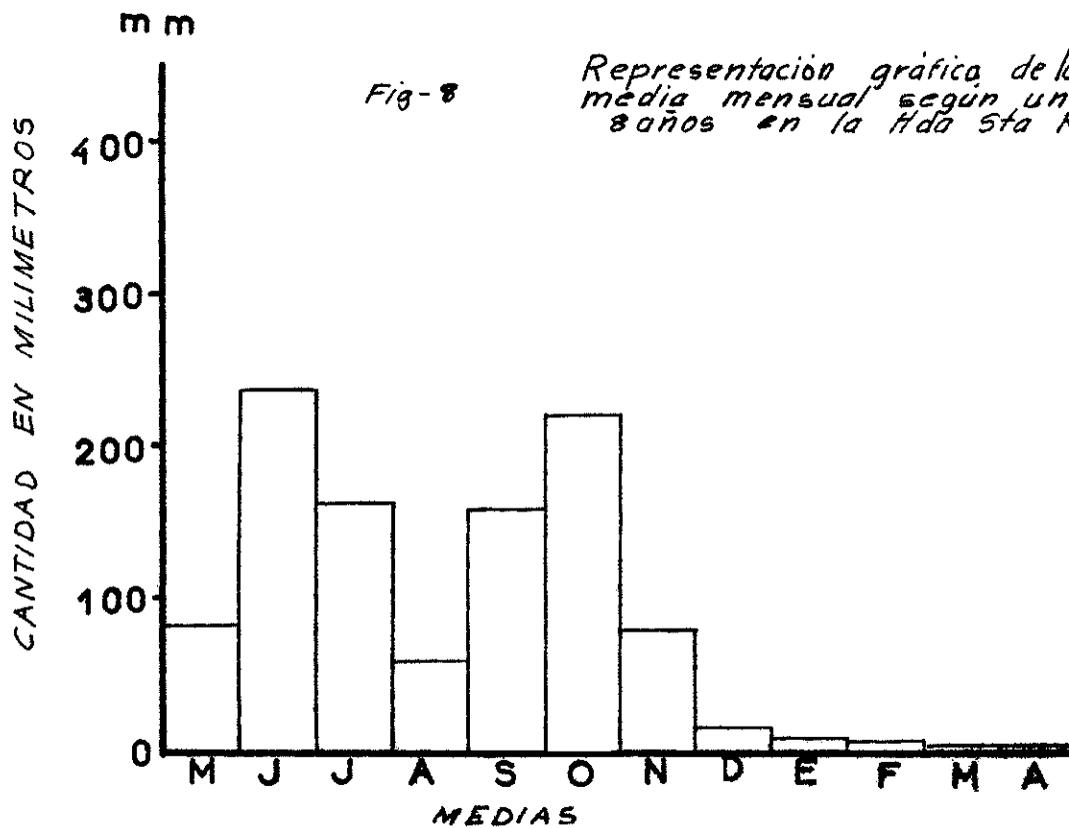
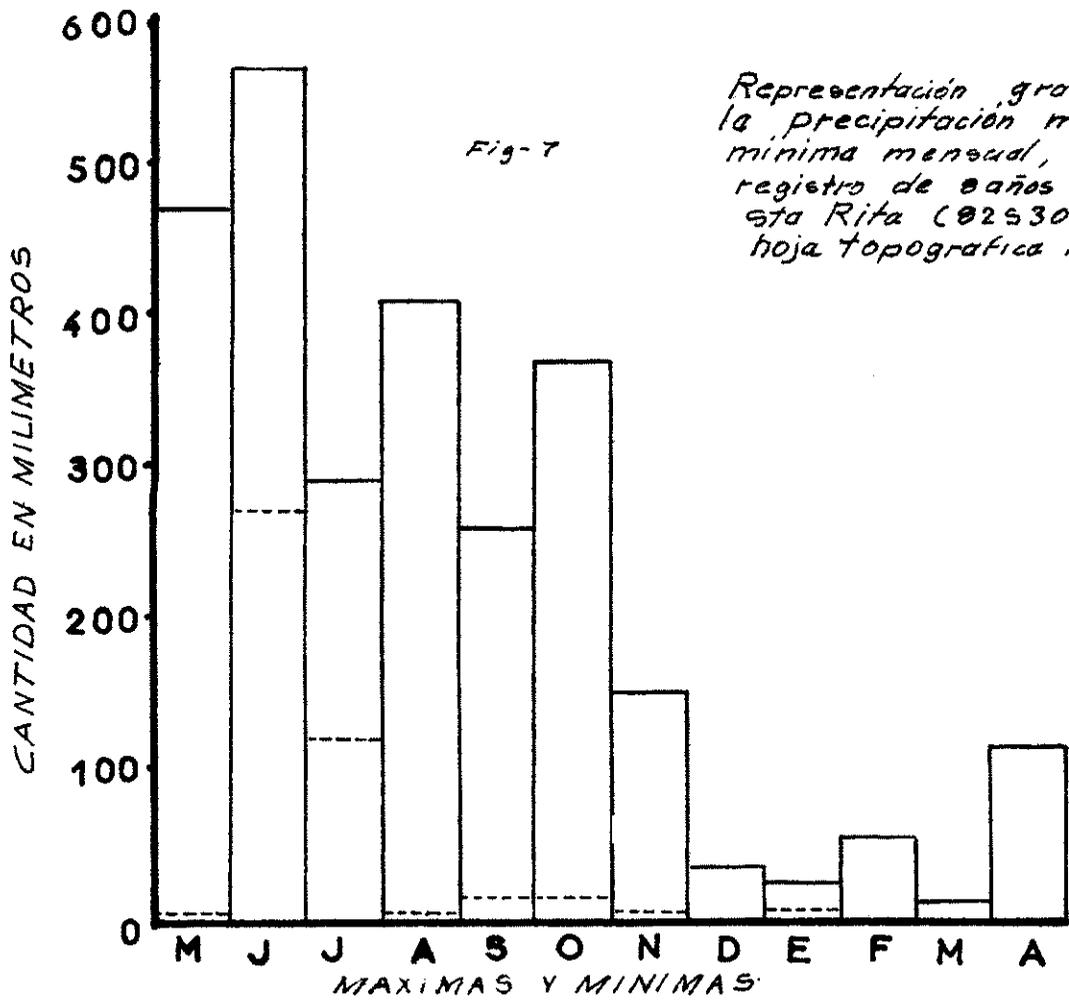
Los datos que se refieren a la distribución de la lluvia a través de los años pueden observarse en la figura 11.

En la cuenca hidrográfica existe sólo una estación meteorológica, en el Aeropuerto Las Mercedes, que cuenta con un pluviógrafo. Los datos registrados en él, fueron válidos para confeccionar las curvas acumulativas de lluvia

CUADRO I.-

DATOS QUE REPRESENTAN LA PRECIPITACION MENSUAL EN MILIMETROS EN UN PERIODO DE 9 AÑOS Y EN LA ZONA DE SANTA RITA.

A ñ o	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo.	Junio	Julio.	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1957	-	-	-	-	-	-	-	3.95	10.50	10.35	1.30	0.2
1958	-	-	-	-	465.1	564.5	220.2	57.7	144.5	229.4	82.5	12.4
1959	1.8	3.5	-	-	57.5	308.2	68.7	121.3	163.1	186.9	74.9	22.2
1960	21.0	52.0	5.9	90.7	122.3	221.8	171.3	408.2	247.8	367.8	121.3	10.2
1961	13.6	1.2	1.0	0.8	12.0	246.3	187.0	40.1	230.7	211.9	120.8	34.7
1962	8.9	4.0	-	-	92.8	350.9	133.0	131.0	123.9	302.2	61.8	7.5
1963	15.8	2.20	0.5	40.0	5.2	225.5	150.8	48.2	259.9	122.2	148.9	19.2
1964	8.2	-	1.2	112.4	74.9	264.3	292.8	132.6	79.7	263.7	30.8	28.7
1965	3.9	3.7	0.5	0.3	88.4	448.1	145.6	57.8	227.1	-	-	-
maxim.	21.0	52.0	5.9	112.4	465.1	564.5	592.8	408.2	259.9	367.8	148.9	34.7
Median	8.9	3.5	0.5	0.8	81.65	286.2	161.05	57.8	163.1	220.65	78.7	15.8
Mínim.	1.8	0	0	0	5.8	221.8	68.7	3.95	40.5	10.35	1.3	1.078.65



REPRESENTACION GRAFICA DE LA PRECIPITACION
 MAXIMA Y MINIMA MENSUAL, SEGUN UN REGIS-
 TRO DE 8 AÑOS, EN LAS MERCEDES

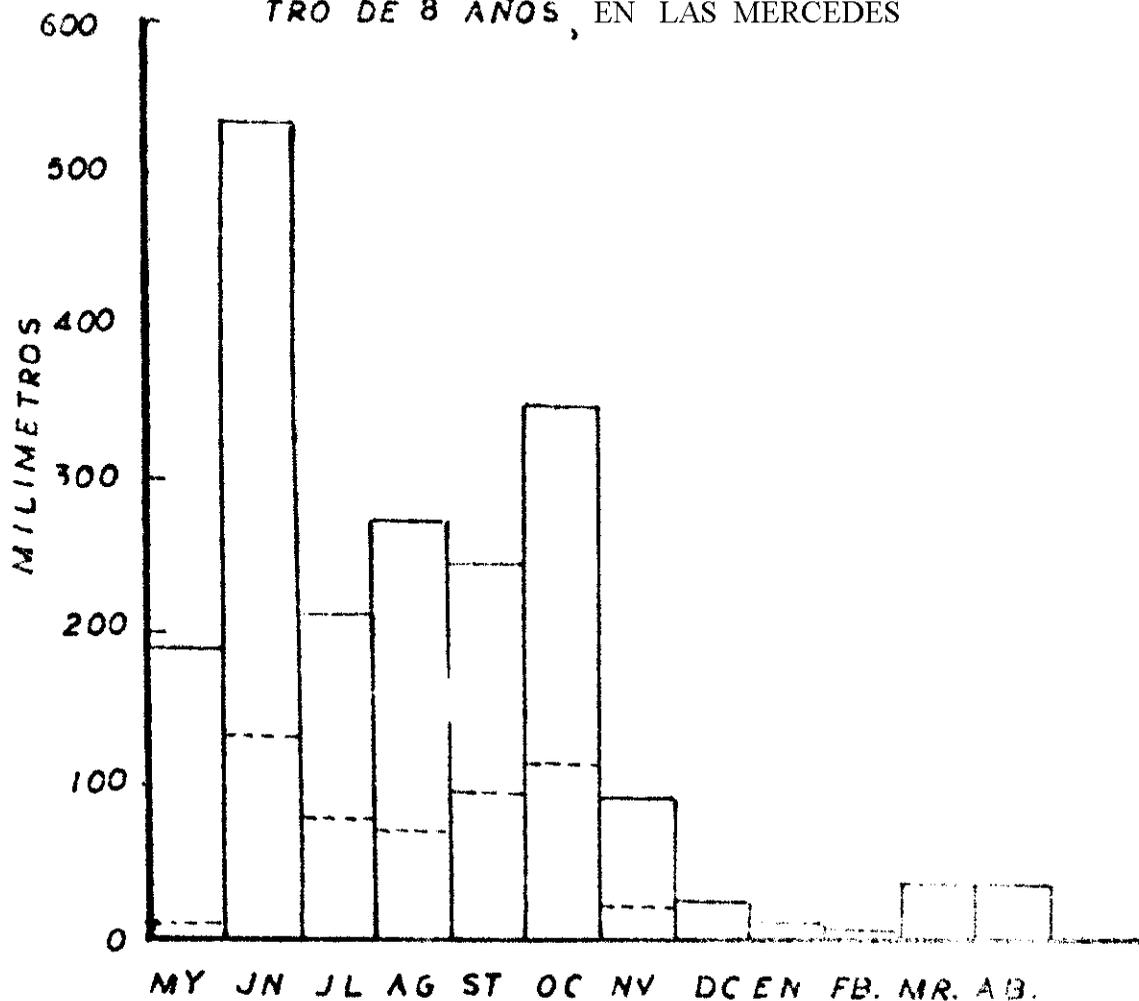
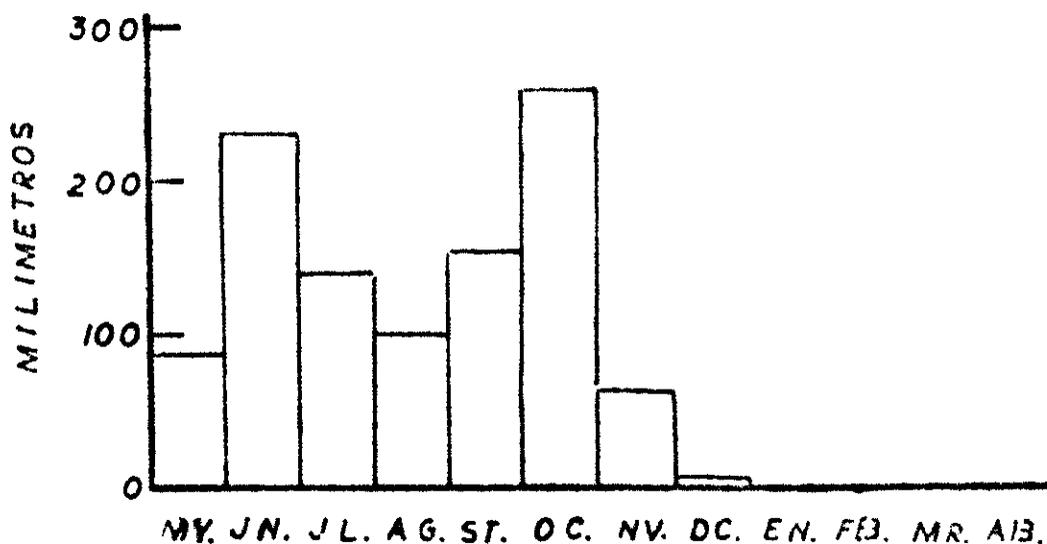


FIG. 10 REPRESENTACION GRAFICA DE LA PRECIPITACION
 MEDIA MENSUAL, SEGUN UN REGISTRO DE 8 AÑOS,
 EN LAS MERCEDES



(mass rainfall curves) y las curvas de frecuencia (recurrence interval) de las mayores intensidades. En la finca Santa Rita, localizada en las Sierras de Managua, Comarca Casa Colorada (825304 de la hoja topográfica Las Mercedes) y a 600 m. s.n.m., se cuenta con un pluviómetro. Las lecturas en este último se efectúan cada 24 horas. Los datos de esta fuente sirvieron para el cálculo de la escorrentía en la cuenca de recepción; o sea, para conocer el gasto máximo que se obtendrá en el punto inicial de la gargante del torrente.

Los datos de ambos aparatos comprenden un periodo de ocho años, desde 1957 hasta 1965.

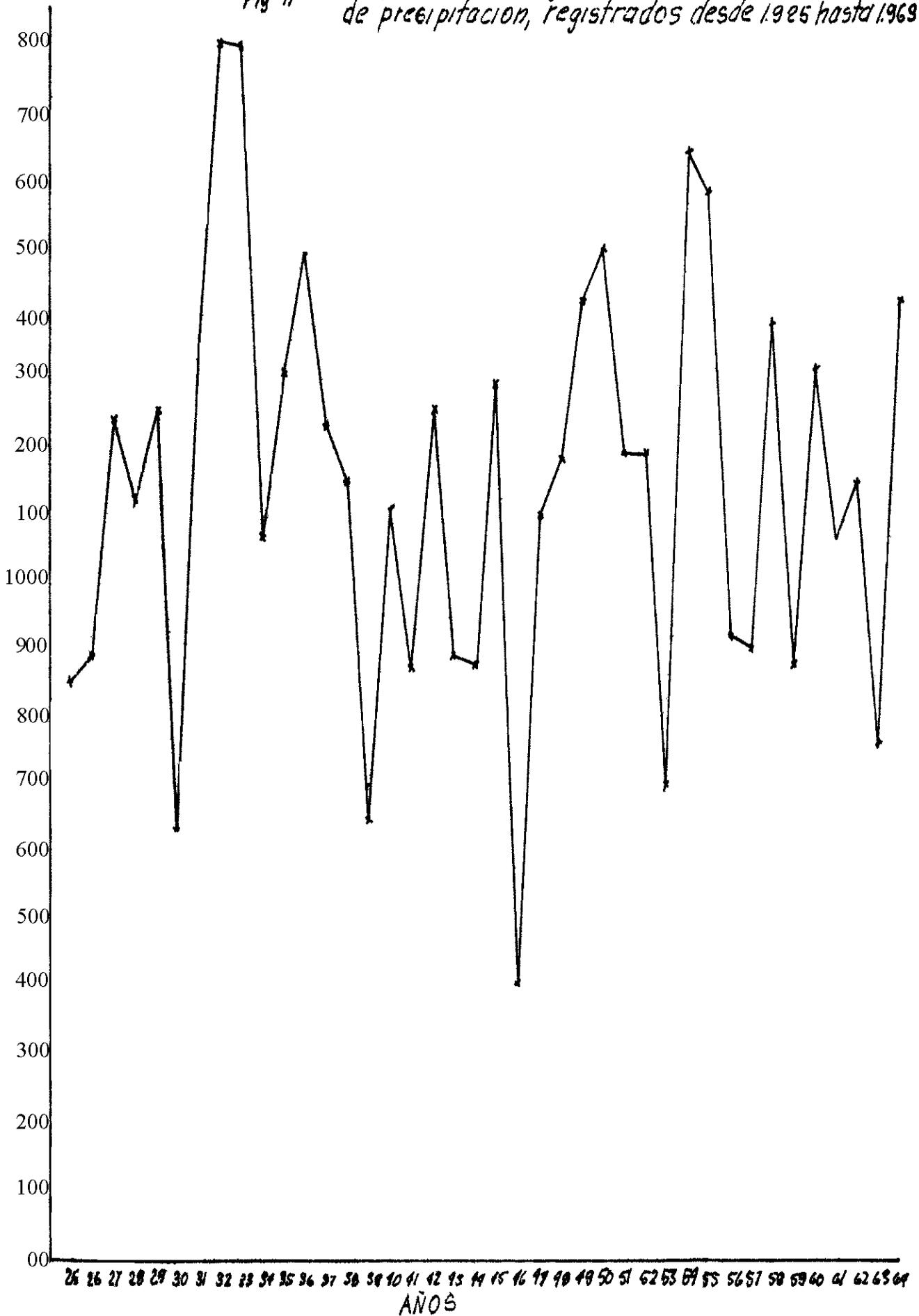
.- Intensidades.- Con el fin de conocer la magnitud y la frecuencia de las intensidades mayores, se han trazado las curvas de las figuras: 12, 13 y 14, en base a las intensidades obtenidas en cada precipitación.

Las lluvias fueron escogidas de las bandas del pluviógrafo instalado en la Estación Meteorológica de Las Mercedes, entre aquellas que presentaban dos o más "picos" seguidos (o sean líneas con intensidades menores de 25,3 mm./hora.

Las curvas acumulativas de lluvia que tienen las bandas del pluviógrafo, fueron divididas en intervalos regu-

Fig 11

Representación grafica de los totales anuales de precipitación, registrados desde 1925 hasta 1969



lares de cinco minutos y sus múltiplos, a fin de determinar las intensidades en milímetros por hora. Los intervalos continuos se escogieron en orden: desde los más intensos hasta los menos intensos, y de esta manera se obtenía otra curva acumulativa, de la cual se sacaba la intensidad para cada intervalo. Por ejemplo, así se procedió en el cuadro No. 3, que contiene el registro de la lluvia caída el 9 de junio de 1958.

Las curvas fueron trazadas sobre un sistema de coordenadas, teniendo a las intensidades como ordenadas y a los intervalos de tiempo, en los cuales ellas se presentaron, como abscisas. La línea envolvente de la figura 12, fué trazada sobre los puntos que marcan la máxima intensidad para cada intervalo. De esta manera, determina las experiencias máximas durante el tiempo que comprende el registro (27).

Cuando uno de los puntos localizados en la figura 12, representa una intensidad mayor de 25,3 m m. por hora para un intervalo dado, durante una tormenta. Una sola de estas, en algunos casos, puede estar representada por un solo punto, en cualquier intervalo. Donde se ha repetido la misma intensidad dos o más veces, el hecho se marcó con un número situado junto al punto en cuestión.

.- Frecuencia de las intensidades.- La curva que se representa en la figura 13 ha sido trazada en base a la anterior y determina la probabilidad de que una intensidad cualquiera ocurra en un año.

Para trazarla se procedió de la siguiente manera:

Por ejemplo, en el gráfico 12 se observa que hay una sola intensidad en el intervalo de 200 minutos mayor de 25,3 mm. por hora: o sea que hay $1/8$ ($=0.125$) de probabilidad de que ocurra tal intensidad en ese intervalo de tiempo, en un año. En el intervalo de 110 minutos hay dos intensidades mayores que 25,3 mm. por hora; o sea $2/8$ ($=0.25$) de probabilidad de que esta otra intensidad ocurra en este otro intervalo. En la misma forma se procede para las intensidades mayores de 37,9 m m.: 50,6 m m.; 75,9 m m., etc.

Luego de localizar los puntos como se indicó, y habiéndose establecido las curvas "frecuencia-intervalo", es obvio que una línea horizontal trazada a través de la frecuencia de una tormenta por año indicará, en su intersección con las diferentes curvas, la intensidad que debe esperarse en los distintos intervalos de tiempo.

La intensidad en los diferentes intervalos de tiempo,

para cualquier número de años puede ser determinada por la intersección de estas curvas con la línea horizontal dibujada a través de la frecuencia con la cual una intensidad dada ocurre en un año. La frecuencia en años requerida, se obtiene al dividir uno por el número de años para el cual se desea. Esto se indica en la curva de la gráfica 13, la cual se lee de la siguiente manera: por ejemplo, a los 30 minutos de haberse iniciado la lluvia, hay 0.5 de probabilidad de que haya una intensidad mayor de 4" por hora en un año; o también se puede decir que cada dos años hay una probabilidad de que ocurra tal intensidad a los treinta minutos.

Las curvas de la gráfica 14, fueron elaboradas en base a las de la gráfica anterior, y representan las intensidades de lluvia para varias frecuencias. Ellas indican, por ejemplo: que cada dos años habrá una intensidad igual a 60 m.m. por hora a los 50 minutos de haber iniciado la lluvia.

.-Extensión de los datos de lluvia.- Debido a que se cuenta solo con un pluviógrafo, estos datos servirán para los cálculos posteriores para la determinación del volumen máximo de escorrentía en los suelos de la planicie.

Fig. N° 13

Representación gráfica de la frecuencia CON LO QUE se presentan las intensidades máximas en 1 año y el período de registro (años)

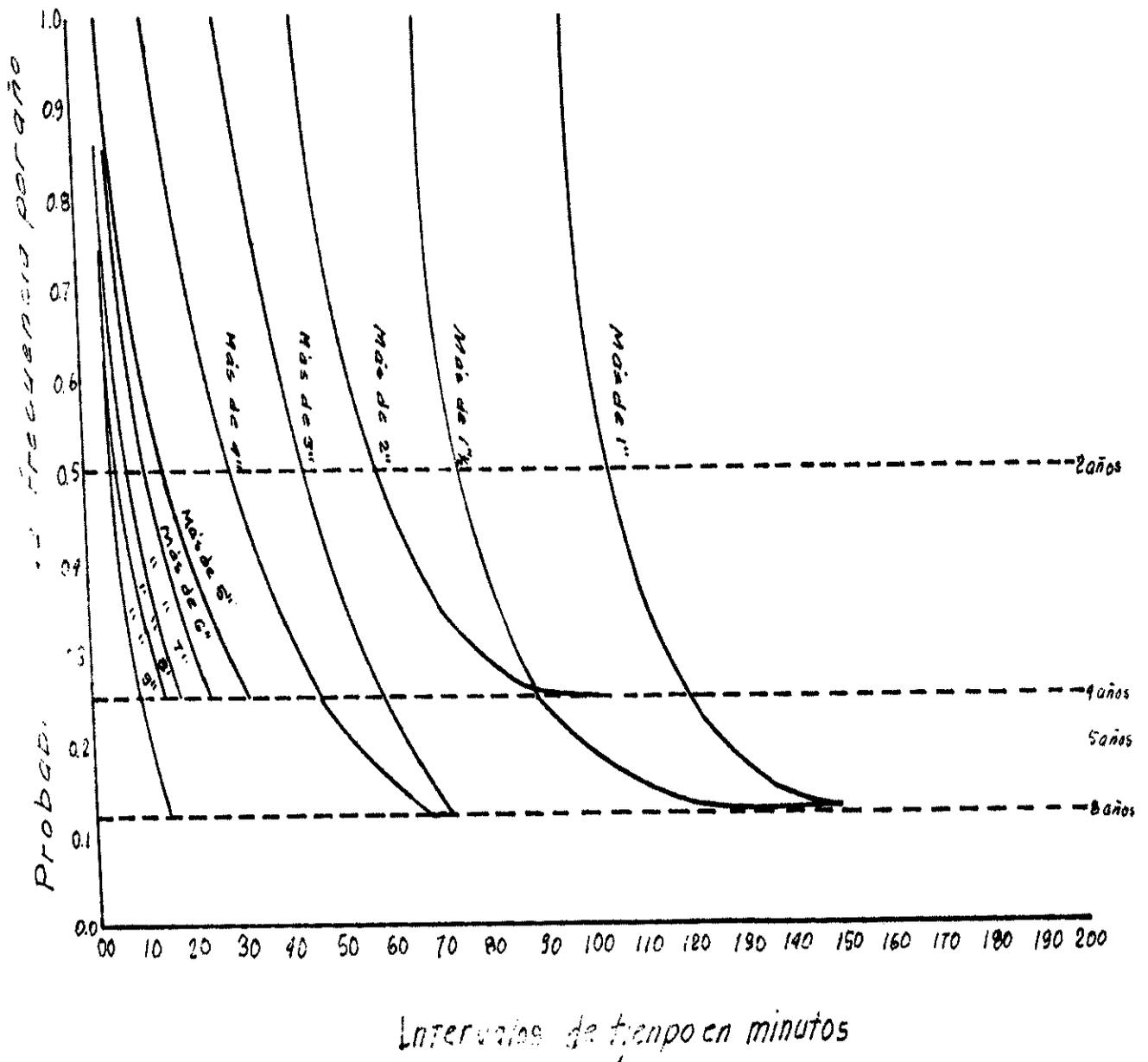
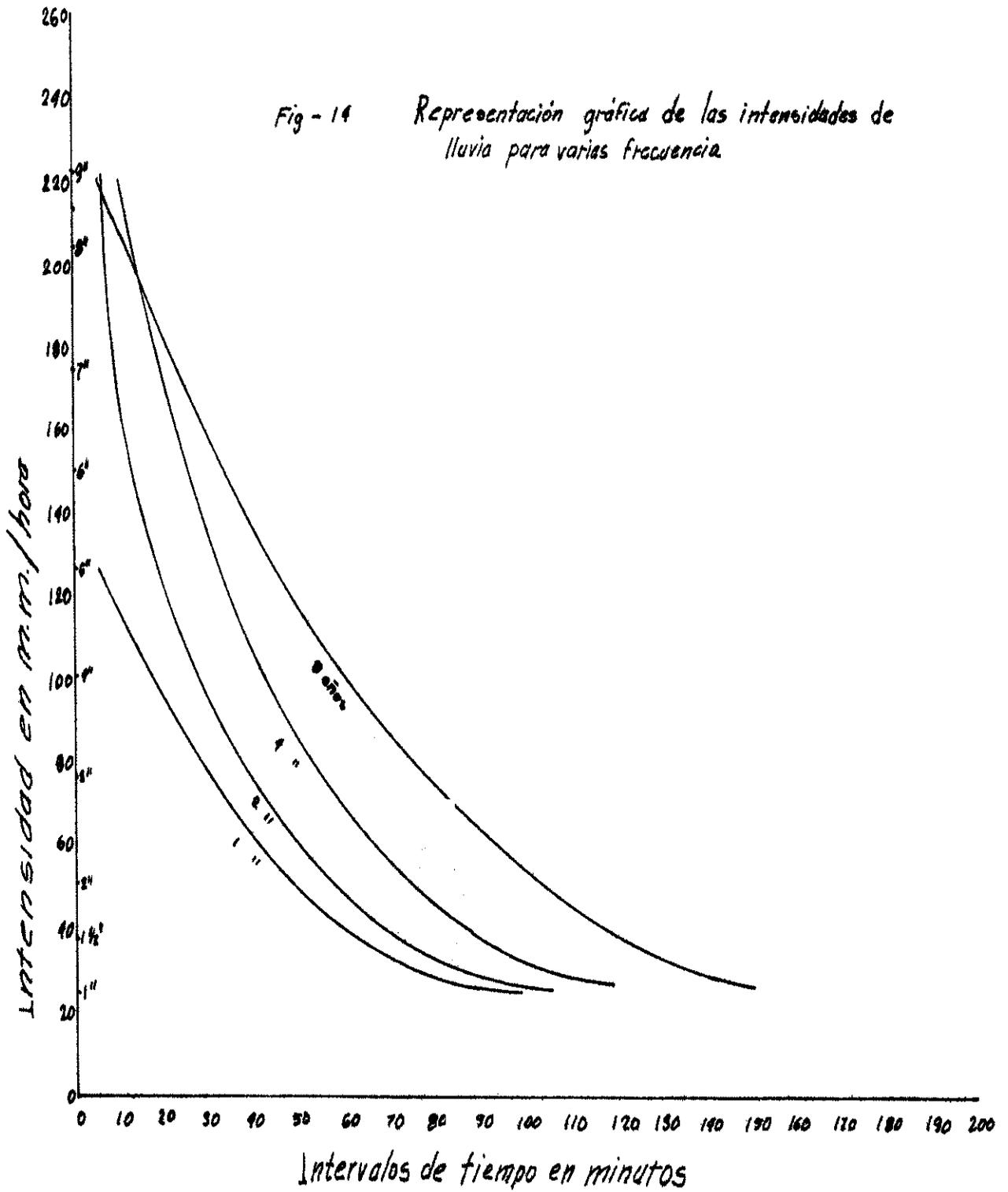


Fig - 14 Representación gráfica de las intensidades de lluvia para varias frecuencia



cuadro 4 y 4a.-Temperaturas máximas, medias y mínimas en todos los meses para Las Mercedes y Santa Rita.

Meses	Las Mercedes			Sta. Rita.		
	Máximas	Medias	Mínimas	Máximas	Medias	Mínimas
Enero	31.0	26.4	20.2	26.8	24.2	16.0
Febrero	32.2	27.1	20.7	28.0	22.9	16.5
Marzo	33.6	28.4	21.6	29.4	24.2	17.4
Abril	34.3	29.2	22.4	30.1	25.0	18.2
Mayo	33.6	29.3	23.4	29.4	25.1	19.2
Junio	31.4	27.1	23.0	27.2	22.9	18.8
Julio	30.7	26.6	22.4	26.5	22.4	18.2
Agosto	31.4	26.9	22.3	27.2	22.7	18.1
Septiembre	31.3	26.3	22.2	27.1	22.1	18.0
Octubre	30.7	26.3	22.0	26.5	21.9	17.8
Noviembre	30.6	26.1	21.0	26.4	22.1	16.8
Diciembre	30.7	26.0	20.0	26.5	22.0	15.8

Los datos del pluviómetro de Santa Rita servirán para la cuenca de recepción, y los del pluviógrafo de Las Mercedes para la región plana de la cuenca hidrográfica.

Temperatura.

Las temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales que aparecen en el cuadro 4, fueron tomadas de los registros de la estación meteorológica "Las Mercedes"; en tanto que los datos en Santa **Rita** (cuadro 4a.) son deducidos de las temperaturas obtenidas en Las Mercedes, al restar 7.2 de ellas; pues se considera que por cada 120 m. de elevación, la temperatura disminuye 1 C. Santa Rita está a 600 m. y Las Mercedes a 56 m. s.n.m.

V.- La escorrentía.

La principal causa de los daños que ocasiona el torrente es el aterramiento del cauce debido a la gran cantidad de arrastres que lleva consigo la corriente.

Una segunda causa es el gran caudal que desemboca en la garganta y que proviene del drenaje de toda la cuenca de re-

cepción.

Una gran proporción de la enorme cantidad de acarreos proviene de las partes en descomposición de la cuenca de recepción y otra proporción, menos importante que la primera, proviene de la erosión de las paredes del cauce, en la garganta.

Por tanto, una de las más importantes tareas en la corrección de un torrente es el tratamiento de la cuenca de recepción. Para ello es imprescindible conocer el estado de los factores que influyen en el incremento de aquella, y así, dictar las medidas oportunas para que tal situación no empeore.

Factores de la Escorrentia .

Dentro de la cuenca hidrográfica es necesario establecer las zonas que requieren la más pronta atención, ó sea que la ordenación debe comenzar por ellas. En esta hoya, tales zonas son las que llevan anotadas los valores más altos dentro de la clasificación de rendimiento hidrológico que se adoptó para el presente trabajo.

La cantidad desaguada en el punto donde comienza la garganta da idea del rendimiento hidrológico de cada una de las

partes de la cuenca de recepción. Estas partes son zonas clasificadas de acuerdo al grado de infiltración de los suelos, a la topografía de terreno, al grado de acopio superficial y al tipo y densidad de la vegetación.

Esta clasificación fué hecha en base a la tabla de "de-
racterísticas de la cuenca para determinar el coeficiente de
escurrimiento" publicada por el Servicio de Conservación del
Suelo, Región III (2 y 3). En ella se valoran los factores
en el siguiente orden:

1.- Relieve	40 - 10
2.- Infiltración del suelo	20 - 5
3.- Recubrimiento vegetal	20 - 5
4.- Acopio superficial	20 - 5

Tales valores corresponden a determinadas características que son especificadas en la citada tabla (2 y 3).

La suma de los cuatro valores calificados se denomina valor hidrológico.

Para la delimitación de las zonas se procedió de la siguiente manera:

Se adoptó como gran unidad cada una de las series de

suelos existentes y mapeados por el Departamento de Suelos del Ministerio de Agricultura. Dentro de cada una de estas series, con la ayuda de fotografías aéreas en escala 1:20.000, se delimitaron las zonas que presentaban diferencias en cuanto al tipo y en cuanto a la espesura de la capa vegetal. El segundo sirvió como un índice de la densidad, que es la característica que más incluye en el rendimiento hidrológico del suelo. De esta manera se logró obtener las clasificaciones y combinaciones que aparecen en la hoja superpuesta No. 2 en lo que se refiere a vegetación de la cuenca de recepción.

.- Suelos de la cuenca de recepción.- Para el presente estudio, las características físicas del suelo son las que más interesan, ya que ellas son las que determinan, casi en la totalidad, el grado de infiltración y la resistencia de los suelos a la erosión hidráulica.

En la cuenca de recepción existen tres series de suelos ya establecidas por el Departamento de Suelos del Ministerio de Agricultura (28), y una gran zona sin clasificar. Tales series son las siguientes:

Serie Esquipulas	2,63 Km. ²
Tierras Coluviales de Montaña	4,93 km. ²

Tierras Misceláneas de Montaña
y suelos sin clasificar 53,09 km.²

En cuanto a la zona sin clasificar, es posible que sea una continuación de las Tierras Misceláneas de Montaña; que según el Departamento de Suelos (28) comprende unidades, de áreas reducidas y erosionadas, semejantes a las que se podrían encontrar en las series de suelos vecinos como: Bella Cruz, Nejapa, Sinaloa y El Crucero. En lo referente a los materiales originarios de este complejo, se encuentran: rocas piroclásticas, tobas, areniscas, basaltos, pomas y otros potenciales volcánicos. Pero los suelos dominantes parecen ser los Litosoles y los Regosoles: ó sean suelos azonales formados por rocas no consolidadas. Pertenecen, en todo caso, al suborden de los suelos calcimorfos (15).

El Departamento de suelos (28) ubica a esta unidad en las clases agrológicas: VIes, VIIes y VIIIes: de las cuales, a la VI y a la VII, las considera con limitaciones de uso y apropiadas para pastos, cultivos perennes y bosques; en tanto que a la clase VIII la califica como incapaz de una remuneración económica y por ello, estos suelos deben estar protegidos por una buena cubierta forestal. Además, los sub-

Indice e y s quieren decir respectivamente, que hay más impedimentos para el aprovechamiento de estos suelos, debido a la susceptibilidad a la erosión y a problemas en la zona radicular.

Por tanto, son necesarias buenas prácticas de conservación de suelos como: terrazas, cultivos de cobertura, rompevientos, etc.

Se ha mencionado la posibilidad de la presencia de áreas con suelos de las series vecinas, tanto en la zona calificada como Misceláneas de Montaña, como en la zona no mapeada, por lo cual, es necesario el referirse a estos suelos, al menos en las características que más interesen. El cuadro No. 5 cumple este cometido y a él pueden agregarse las siguientes observaciones:

.- Los suelos: Bella Cruz, Nejapa, Sinaloa y El Crucero son suelos jóvenes con escaso desarrollo de horizontes, principalmente sobre la base de segregación de sesquóxidos, fundamentalmente de hierro y ligeras acumulaciones de arcilla. Sus p.H son ligeramente ácidos y contienen gran cantidad de bases de cambio. Debido a la movilización de la sílice, hay gran acumulación de sesquioxidos. (15)

Las capas de talpetate que presentan estos suelos pueden limitar la permeabilidad lo cual se agrava con la gran pendiente que poseen. Por lo tanto, según los valores de rendimiento hídrico (2 y 3), el valor 10 es el más adecuado para estas series de suelos.

Es notorio también, el hecho de que las capas superficiales presenten rocas o piedras en mayor o menor grado. Es seguro que esta particularidad será más acentuada en las partes más altas. Esto afectará posiblemente a la capacidad de asimilación de nutrientes por parte del cafeto, cuyas raíces son superficiales.

El p.H. de estos suelos va de ligeramente ácido a neutro. Solamente la serie El Crucero presenta acidez en los horizontes inferiores. Por tanto, estos suelos no son óptimos para el cafeto pues éste los requiere más ácidos.

Se ve claramente que el peligro de erosión hidráulica es muy limitante respecto al tipo de uso de estos suelos, hasta tal punto que el Departamento respectivo del Ministerio de Agricultura, los coloca, en cuanto a capacidad agrológica, dentro de las clases IIIes. hasta VIIIes.

En resumen, dada la presencia de piedras y capas endurecidas aún en los horizontes superiores, la aptitud de estos

CUADRO No.5.-CARACTERISTICAS IMPORTANTES DE LAS SERIES DE SUELOS COLIN-
CON LAS TIERRAS ABRUPTAS DE MONTAÑA (T.Q.M.)

Nombre de las series.	Bella Cruz Franco y Franco limoso (Pardo forestal latosólico).	Crudero Franco-arcilloso (Pardo forestal latosólico).
Profundidad efectiva.	A=60 cm. 6cm.=grava. 20-80cm.=talpetate B ₂ =arcilla y sesquióxidos de hierro.	A ₁ = 0-10cm.Talpetate y basaltos A ₃ =10-40cm.Talpetate y piedras B ₂ ³ =40-65cm.Arcilloso prismático y talpetate. B _{3.1} =65-87cm.Límite del talpetate.(con talpetate) B _{3.2} =87-148cm. C ₁ =122-148 cm. Compacto ó material talpetatoso.
Textura del suelo	Media: Franco--Franco limoso--Franco arcilloso.	Media. A ₁ y A ₃ = Franco-arcilloso B ₁ ³ = Arcillosos. B ₂ ³ = Arcillo-arenoso B _{3.1} ³ = Franco-- franco-arcillo- 3.2 arenoso. B ₁ ³ = Arenoso fino.
Permeabilidad del suelo y del subsuelo.	Permeabilidad: moderada a rápida	Drenaje externo rápido Drenaje interno medio Permeabilidad moderada.
Reacción del suelo	6.4 a 7	A ₁ =6.4 (tendencia a basicidad) A ₃ =6.6 B ₂ ³ =6.2 B ₃ ³ =5.4 B _{3.2} ³ =5.5 B ₁ ³
Contenido de materia orgánica	Medio	Medio
Pendiente de los terrenos.	Planos - ligeramente ondulados 0-3%-- 3-12%	Ondulados a quebrados
Uso de los terrenos.	Algodón	Café.
Grado de erosión ó de sedimentación.	Sedimentos coluviales . (Posible erosión hidráulica).	Severa, por la gran pendiente
Clases agrológicas.	Desde I, IV	VIe
Material de origen.	Volcánico, cubierto de sedimentos de origen coluvial.	Basalto sobre material amarillo formador de talpetate.

CONTINUA.....

suelos es típicamente forestal.

En cuanto a la serie Misceláneas de Coluvio, el Departamento de Suelos (28) señala que es una unidad que comprende diversas formaciones, similares a las cuatro series que ya se han mencionado como posibles integrantes de la serie Abruptas de Montaña. Pero todas estas formaciones proceden de los materiales arrastrados desde las partes altas por la acción del agua; e igualmente, todas están alteradas por drenes que han ocasionado la mezcla de los materiales y que también limitan grandemente el uso de maquinaria agrícola. Esto se aprecia claramente en la hoja No. 2 en el anexo. Además, hay sectores con pendientes de 30-31,4% o mayores. Por todas estas características, estos suelos han sido incluidos en las clases agrológicas: Ves, VIes, VIIes y VIIIes, para las cuales el citado Departamento de Suelos recomienda bosques y pasturas, pues hay peligros de erosión y problemas en la zona radicular, que se pueden conjurar aprovechando las propiedades benéficas de estos dos tipos de vegetación.

Sin embargo, estos suelos están dedicados a cultivos anuales, sin ninguna obra de conservación de suelos o práctica agrícola que sirva para el efecto.

Se ha mencionado también la existencia de 2,65 Kms.² de la serie Esquipulas franco, que de igual manera pertenece al suborden de los suelos Pardo Forestal Latosólicos (ver cuadro No. 5). Es muy evidente su susceptibilidad a la erosión, en cuanto dicho suelo presenta pendientes de un 5%, a causa de su textura; aunque el drenaje interno sea moderado.

Esta serie es la única, al parecer, que comprende suelos aptos para los cultivos escardados dentro de la cuenca de captación; y aún así, para su laboreo habría que tomar ciertas medidas de conservación de suelos.

.-Suelos de la planicie.- En la planicie, existen seis series, según lo determinado por el Departamento de Suelos (28). En el cuadro No. 6 aparecen las principales características de cuatro de ellos. En el cuadro No. 5 se trató todo lo referente a las Tierras Coluviales de Montaña y a la serie Abruptas de Montaña.

Como se puede apreciar en el cuadro No. 6, todas esas series de suelos pertenecen al orden de los suelos Azonales, o sea que no presentan un perfil bien desarrollado,

El mayor o menor contenido de piedras y guijarros que

Estos suelos presentan en sus capas superficiales puede aumentar en proporción, debido a la erosión laminar que se llevará todos los materiales livianos, convirtiéndoles aquellos en terrenos improductivos.

Esta particularidad parece ser muy acentuada especialmente para los suelos de la serie San Miguel, cuya característica es la de poseer tan solo una pequeña capa de suelo a la que le sigue otra de escoria volcánica, de por lo menos tres centímetros de profundidad.

El drenaje externo moderado y aún rápido, tanto en Los Cedros como en las Series: Esquipulas y Sabana Grande, los hace muy susceptibles a la erosión. Por tanto, es imprescindible el mantener estos suelos bien protegidos durante la época lluviosa, especialmente en aquellos lugares donde la pendiente es mayor del 5%. Aunque el arrastre de los elementos más finos se inicia con el 2% de pendiente.

La respuesta de estos suelos a las diferentes intensidades de lluvias se hallan ilustradas en los gráficos: 23, 24, 25 y 26. En ellos se aprecia que los suelos de la Serie Esquipulas son los que requieren de mayores cuidados conservacionistas, porque su capacidad de infiltración es inferior al de las otras series.

CUADRO No. 6.-CARACTERISTICAS DE IMPORTANCIA DE LAS SERIES DE SUELOS EXISTENTES EN LA PLANICIE.

Nombre de la serie	Los Cedros.Franco-arcillo-arenoso(Pardo-forestal-latosólido -regosólido)	Esquipulas franco (forestal-latosólido).
Profundidad efectiva.	Capa de talpetate de forma continua. A ₁₁ =0-18cms.con piedras y guijarros. A ₁₂ =18-28 cms.con piedras y guijarros. A _C =28-43 cms.Es el material que rodea al talpetate.	Media. A =0-13cms.Franco con gravillas A ₃ ¹ =13-57 cms.Franco -arenoso fino con gravilla y presencia de restos de material de escoria volcánica. C ₁ =57-97cms.Franco-arenoso fino con gravilla. C ₂ =97cms.Capa de material de escoria basáltica.
Textura del suelo superficial	Media. 0-18cms.=Franco arcilloso 18-28cm =Franco arcilloso 28-43cm.=Franco arcilloso	Media. Arenoso-franco o franco-limoso
Permeabilidad del suelo y subsuelo	Drenaje interno medio. Drenaje externo rápido.	Drenaje interno=moderado a rápido Drenaje externo=moderado.
Reacción del suelo	0-18 cms= 6.5 18-28 cms= 5.8 28-43 cms= 6.4	0 -13cms.=6.4 13-57 cms.=6.2
Pendiente del terreno	3%	2-5%
Usos del suelo	Pastos y cultivos anuales	Banano, piña, hortalizas, poco algodón
Grado de erosión o de sedimentación.	Muchos drenes intermitentes. Riesgos de erosión:de severa a suave,	Susceptibles de erosión en pendientes mayores de 5%.
Clases Agrológicas	IIIe, IIIes, VIes, VIIes.	I IIe.
Material de origen.	Arrastres coluviales sobre arcilla roja.	Origen volcánico.
Contenido de materia orgánica.	0-18 cms= alto. 18-28cms= medio.	0-2 cms.= alto
Area comprendida	0,80Km ²	28.79 Km ²

Según el Departamento de Suelos (28), la fertilidad de los suelos de la serie Esquipulas, se debe al material de escoria basáltica que contienen.

El escaso contenido de materia orgánica es otro factor limitante en los suelos de la serie San Miguel.

En esta zona plana también, la serie Esquipulas contiene la mayor proporción de suelos apropiados para los cultivos escardados. Las clases agrológicas predominantes son: I y IIe; pues existen también algunas partes con clases III, IV y V.

Para ilustrar mejor el aspecto general que presentan los suelos de esta región, según sus capacidades agrológicas, se citarán a continuación las particularidades y problemas que el Departamento de Suelos encontró en una propiedad de 13.6 manzanas.

-Clase I.- El suelo variaba desde: profundo (90 cms.), de textura liviana, ligeramente plano (1-3%), levemente erosionado, de permeabilidad rápida y con materia orgánica regular: hasta superficial (25-50 cms.), de textura también liviana, ligeramente ondulado, severamente erosionado, de permeabilidad media y pobre en materia orgánica. Los suelos del primer caso se hallaban con cultivos semipermanentes

(chagüite), y en los del segundo caso se encontraban los cultivos limpios (maíz, sorgo, caña, piña).

Tal descripción da a entender que la diferencia en los suelos de esta clase se pudo deber a los distintos tipos de cultivos. Por tanto, se recomendó que todo el lote con suelo de poca profundidad, se dedique a frutales, intercalando piña.

A fin de mejorar el rendimiento del chagüite, sembrado en los suelos de clase I, recomiendan asociarlo con frutales.

- Clase II.- Son suelos profundos, de textura liviana, ligeramente ondulados, moderadamente erosionados, rápidamente permeables y con una cantidad regular de materia orgánica.

- Clase III.- Son suelos de textura liviana, ligeramente ondulados, severamente erosionados, de permeabilidad media y pobres en materia orgánica.

- Clase V.- Son suelos superficiales, de textura liviana, ligeramente ondulados, severamente erosionados, excesivamente permeables, pobres en materia orgánica y de baja fertilidad.

Los recomiendan para pastos.

- Clase VI.- Son suelos muy superficiales (menos de

25 cms.), de textura liviana, quebrados (pendientes del 25 al 30%), estrictamente erosionados y casi sin materia orgánica.

Para los suelos de las clases II y III, que se hallaban con chagüite, se recomendaba sembrar café.

Para los suelos de la clase VI y con pasto, se recomendaba mantenerlos en ese estado.

También es interesante dar a conocer las particularidades que el mismo Departamento de suelos detalla con respecto a una finca de 389 manzanas, y ocupada actualmente en su totalidad con algodón.

Dentro de esta explotación se encontraban suelos pertenecientes a las siguientes series: Misceláneas de Coluvio, San Miguel y Esquipulas. Al momento del reconocimiento, su extensión estaba ocupada con los siguientes cultivos:

180	manzanas	de	arroz
80	"	"	sorgo
10	"	"	chagüite
55	"	"	alquiladas
64	"	"	con algodón y ajonjolí.

En general, eran suelos de textura liviana; desde ligeramente planos a fuertemente ondulados; poseían buen

drenaje interno y bajo contenido de materia orgánica. Habían sufrido el efecto de la erosión, que iba de ligera a severa y desde muy superficial a profunda.

Se encontraron las siguientes clases: II, III, IV y V.

- Clase II.- Con suelos de mediana profundidad (50-90 cm.) relieve ligeramente ondulado (pendiente del 3-8%); bajo contenido de materia orgánica y con señales de una erosión moderada.

- Clase III.- Con suelos poco profundos. de textura bastante liviana; buena permeabilidad. relieve ondulado (pendiente del 15%); bajo contenido de materia orgánica y fuertemente erosionados.

- Clase IV.- Suelos superficiales (0 -25 cms.); textura muy liviana; buen drenaje interno. bajo contenido de materia orgánica. relieve fuertemente ondulado (pendiente de 15- 25%).

- Clase V.- Suelo sepultado con capa de arena, cuyo espesor es de 35 - 50 cms.

.-Recubrimiento vegetal.- La clasificación que se usó para clasificar la vegetación es propia del autor de este trabajo y está a tono con el carácter genérico del conjunto.

Como se dijo anteriormente, se usaron las fotografías aéreas para la clasificación y se verificó lo visto en ellas con algunas visitas al campo.

A continuación se describe cada tipo de cubierta vegetal.

.-Vegetación arbórea espesa o normal. (Ar. D.).- Corresponde a una cubierta vegetal formada por varios doseles de copas ; o sea más de 60 árboles por hectárea.

Hay que anotar que aunque la capa parece espesa, el sotobosque (ver fig. 16) está formado por cafetales y el terreno practicamente desnudo de vegetación. De tal manera que el valor asignado a este tipo de capa, como característica determinante del coeficiente de escurrimiento, que correspondía a un recubrimiento vegetal calificado como bueno a excelente y con un valor de 5-10, en realidad tiene un valor mayor. El aspecto que presentan los doseles superiores se puede apreciar en la fig. 14. en tanto que el que presenta el suelo se puede ver en la fig. 15.

.- Vegetación arbórea media o defectiva (Ar. M.). Corresponde a aquella cubierta vegetal que se caracteriza por que entre las copas de los árboles hay bastante espacio. o sea que corresponde más o menos a 30-60 árboles por hectá-

res.

.- Vegetación arbórea escasa. (Ar. E.).- Con esta denominación se describe una cubierta vegetal formada por menos de 30 árboles por hectárea (fig. 17).

El término "vegetación arbustiva" se ha asignado a plantas leñosas con una altura no mayor de tres metros y que además tienen varios tallos sin una forma definida de copa (4).

.- Vegetación arbustiva espesa o normal.- (Av. D.).- Es la cubierta formada por los chaparrales y demás plantas leñosas naturales dispuestas en forma compacta, tal como lo demuestra la fotografía No. 21.

.- Vegetación arbustiva media.- (Av. M.) corresponde a varios grupos densos de plantas leñosas que se disponen sin formar una capa continua; ó sea que quedan espacios descubiertos entre tales grupos.

.- Vegetación arbustiva escasa.- (Av. E.).- Esta denominación correspondió a una vegetación arbustiva o de chaparral dispuesta en grupos pequeños y distribuidos en el campo en forma muy espaciada, como lo que se observa en las fotografías No . 17

Pag.

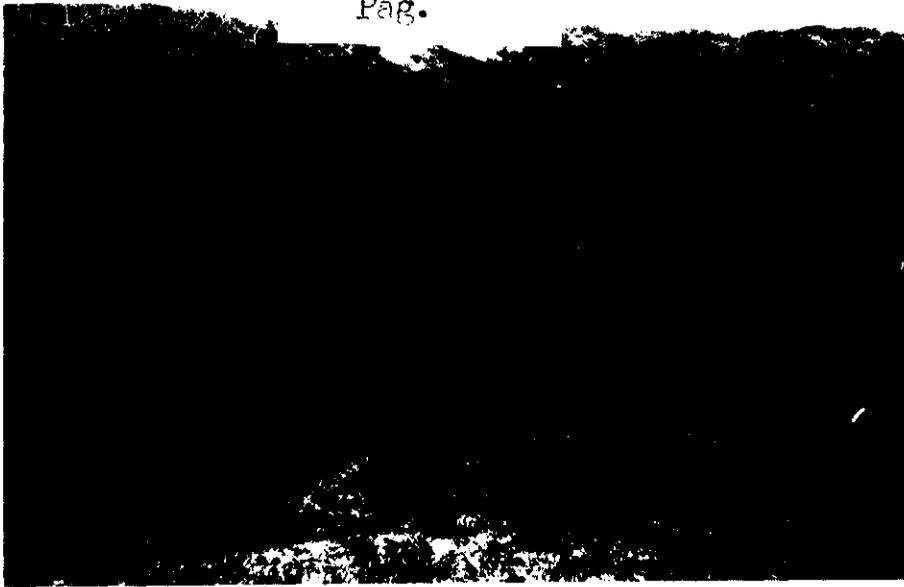


Fig. 15.- Aspecto de la vegetación rala junto a la vegetación arbórea espesa. Nótese que la primera está localizada en las partes altas de las laderas y la segunda en el fondo de la cañada. En esta última capa vegetal se pueden observar los varios doseles.

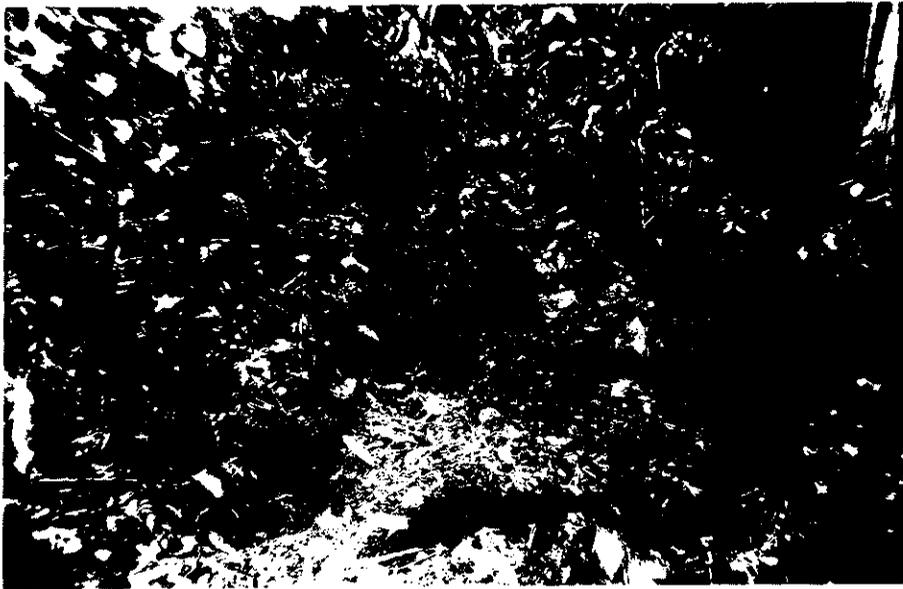


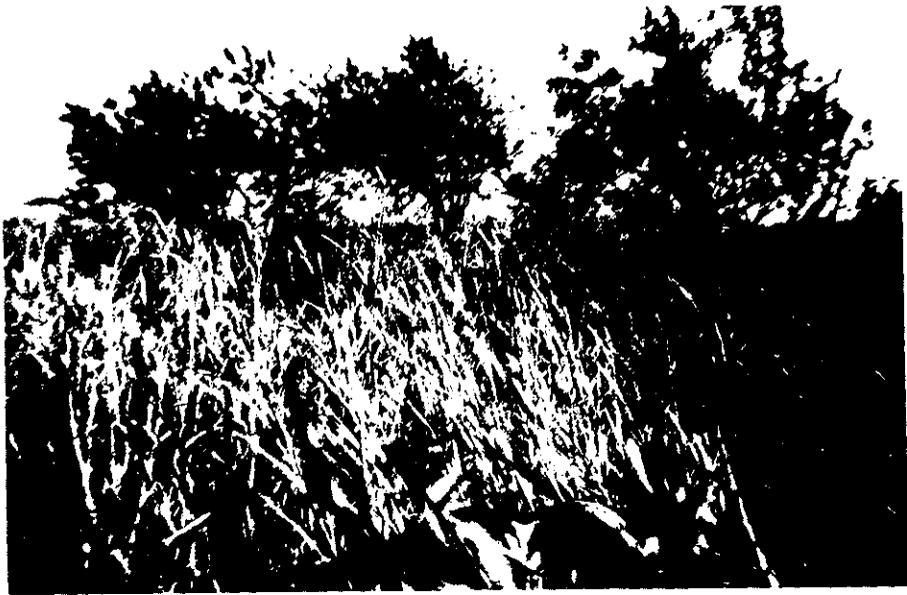
Fig.- 16. Aspecto del suelo bajo una cubierta similar a la presentada en la fotografía 15. Obsérvese la disposición en tresbolillo de los cafetales.-



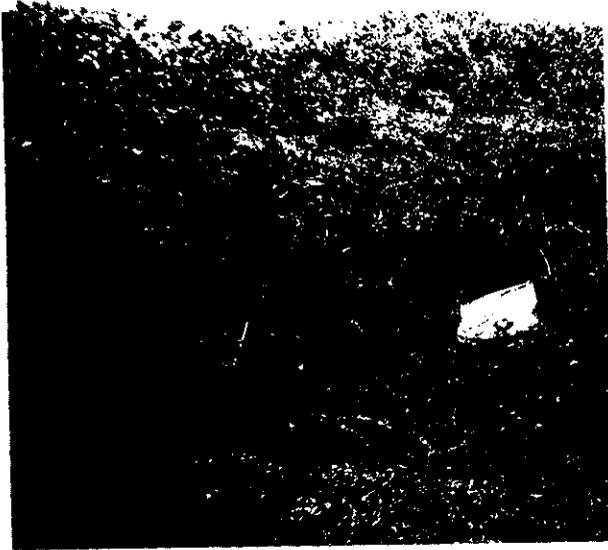
Fig. 17.- Aspecto del sotobosque espeso.-



Fig. 18.- Aspecto de la vegetación arbórea escasa y arbustiva escasa.



19.- Aspecto de la arbustiva escasa y herbácea alta.



20.- Aspecto de la vegetación herbácea rala. Se observan los inicios de las cárcavas.

21.- Aspecto de la vegetación arbustiva espesa.



Pasto alto. (PN.M alt.).- Corresponde a la vegetación herbacea de buen desarrollo. (fig. 19).

Pasto ralo. (PN. b). Corresponde a una vegetación de escaso desarrollo (fig. 20).

La designación sorgo y maíz (s ; m), más apropiadamente debe llamarse "cultivos anuales", porque se señaló bajo aquella denominación a los suelos que aparecían desnudos en las fotografías aéreas tomadas en los meses de diciembre y marzo: ello hacía suponer que ordinariamente dichos suelos eran ocupado con cultivos escardados.

Se mencionaron las dos especies porque, al parecer, en los años 60 y 61 eran las más cultivadas en la región. Naturalmente que en muchos lotes era posible que se encontrara algodón, pues es muy difícil de distinguir del maíz mediante la foto-interpretación.

Hubieron muchas dificultades en señalar y clasificar los diferentes cultivos, puesto que las fotografías aéreas de que se disponía , databan de diciembre de 1960 unas y de marzo de 1961 otras de tal manera que al cotejar lo que se observaba en el campo con lo fotografiado, se encontraba que en algu-

nos lugares la vegetación era la misma que había en 1960 (esto se comprobaba averiguando sobre lo que se había cultivado en aquel año); en tanto que en otros sitios, la pina ocupaba los lotes que antes habían estado destinados a maíz o a otro cultivo anual, y el algodón se cultivaba en las partes donde se había mantenido potreros con jaragua (en pendientes mayores del 5%).

Indudablemente que el tipo de vegetación varía de acuerdo con el tipo de explotaciones existentes en la zona y por esto se hacía necesario el estudio de ellas.

Con tal objeto se ordenaron según sus extensiones todas las fincas de la cuenca de recepción, desde las que tenían una manzana, hasta las que comprendían 200 manzanas y se dejaron aparte, por motivos de muestreo, las diez propiedades de mayor extensión. Se dividió el total en cinco estratos de veintiun propiedades y dos de veinte. Luego se tomaron al azar, como muestra, cuatro propiedades de cada estrato; las mismas que al ser analizadas darán una idea bastante aproximada de las restantes que no entran en el análisis. De esta manera se obtienen los cuadros: 7 8, 9 y 10; cuyos resultados se pueden representar en las gráficas: 28 a 43.

Al igual que en la zona alta, en la planicie también se ordenaron las propiedades según sus extensiones, para luego dividir su conjunto en cincuenta y nueve estratos de diez explotaciones cada uno; de los cuales se tomó una finca al azar, como muestra, a fin de ser analizada . De tal análisis se obtuvo una idea de las nueve explotaciones restantes. Del total se apartaron las seis explotaciones que por sus grandes extensiones no pueden ser analizadas junto con las demás . De esta manera se obtuvieron los cuadros Nos. 11 y 12, de los cuales se pueden sacar algunas observaciones que se esquematizarán en las gráficas 50.a a 58.-

Estimación de la tasa de escorrentía.
en la cuenca de recepción.

Basandose a la clasificación hidrológica de las zonas que componen la cuenca de captación, la misma que tiene una área de $80,66 \text{ Km}^2$, se calculará la cantidad de agua escurrida en todo el área; o sea la que teóricamente llegará al punto inicial de la garganta del torrente.

Un método adecuado para la estimación de la tasa de es-

Cuadro No. 8: Cuadro que contiene las formas de tenencia, extensiones y forma general de uso de la tierra en las explotaciones de la cuenca de recepción.-

No. de explotaciones		Extensión	Formas de tenencia			Uso de la tierra				-1-
Por muestra	Acumul.		Propias	Alquil.	Ejid.	Cultivos Anuales	Cultivos Perennes	Potrero Sembrado	Potrero Natural	
5	5									
5	10	1-1.2 mz.	100%				100%			
5	15	1,3-1.9		76%	24%	100%				
5	20	2,0	100%	75	24	100%	33%			
5.2	25.2	2.0		100%		100%	33			
5.2	30.4	2.1-2.4	100%				100%			
5.2	35.6	2.5-3.2			100%	57%	25%			
5.2	40.8	3.3-3.9		87%	13%	65%				
5.2	46.0			100%		100%			34%	
5.2	51.2	4.5-4.9		100%		100%				
5.2	56.4	5		100%		100%				
5.2	61.6	5-6.2		100%		100%				
5.2	66.8	6.3-9.9	100%			8%	92%			
5.2	72.0									
5.2	77.0	10.0-13.4		100%		100%				
5.2	82.2	20.3-24.9	48%	52%		51%	49%			
5.2	87.4	25.0-30.9	100%				92%	8%		
5.2	87.4	25.0-30.9	100%			40%	34%			26%
5.2	92.6	31.0-34.9	100%			8%		29%		10%
5.2	97.8	35.0-39.9		100%						43.0%
5.2	103.0	40.0-45.9	100%			3%		13%		18.0%

Vienen

No. de explotaciones		Extensión	Formas de tenencia			Uso de la tierra				
Por muestra	Acumul.		Propias	Alquil.	Ejid.	Cultivos Anuales	Cultivos Perennes	Potrero Sembrado	Potrero Natural	-1-
5.2	108.2	46.0-67.2	100%					11 %		
5.2	113.4	67.3-89.9	100%				45 %			55%
5.2	118.6	90.0-99.9	100%				100 %			
5.2	123.8	100 -101.9	100%					20 %		
5.0	128.8	102 -109.9	100%			2%		40 %		
5.0	133.8	110 -119.9	100%						2%	18%
5.0	138.8	120 -139.9	100%					1 %	76%	6%
5.0	143.8	140 -149.9	100%					97 %	3%	33%
		150 -199.9						61 %	16%	23.00%

1.- En descanso, con montes y bosques.

Cuadro No 9.- Desglosamiento del uso de la tierra, con cultivos anuales, en las explotaciones de la cuenca de recepción.

Extens sión de las ex- plotaci- nes	%total ocupado por cultivos a nuales		Porcentaje del porcentaje total ocupado por:									
			Maíz		Frijoles		Sorgo	Arroz	Yuca	Tomates	Hortalizas	
	Prim.	Postr.	Prim.	Postr.	Prim.	Postr.	Primer.					
1.3	100	100	50	50	50	50						
2.0	67		100									
2.0	100				100							
2.5	75	100	100			100						
3.3	66		100									
4.0	100	38	75	100	25	50						
4.5	100	100	50	50	50	50						
5.0	100	100	50	50	50					20	10	
5.0	100	40	50	100	20							
6.3	8		7									
10.0	100		45		45	50		64		10		
13.5	51	14	14	50	14							
25.0	40		50		50	50	40					
31.0	8	6.4	40	50								
40.0	3		100			50						
102.0	2	50	50	50	50							

correntía es el llamado Racional, en el cual entran tres variables que forman la ecuación. Estas variables son: un coeficiente de escorrentía, C; la intensidad de la lluvia I, para una frecuencia dada y para una duración igual al tiempo de concentración y el área de la cuenca, A (3).

si bien es cierto que las zonas fueron calificadas en base a los valores dados por el Servicio de Conservación de Suelos, Zona III, EE.UU. ello unicamente se hizo con el fin de poner de manifiesto el valor relativo que tenía en la escorrentía cada uno de los cuatro factores: relieve, infiltración del suelo, recubrimiento vegetal y acopio superficial. Tal calificación también sirvió como base para asignar los valores correspondientes, según la tabla de Coeficientes de Escorrentía, que permiten aplicar la Fórmula Racional" (23 y 21).

Debido a que las intensidades de lluvia obtenidas en el pluviómetro de santa Rita, no corresponden a las obtenidas en el pluviógrafo de Las Mercedes, se trabajó con la precipitación total medida cada 24 horas. se escogió la precipitación mayor y se consideraron las 24 horas como tiempo de concentración.

$$Q = \frac{CIA}{86,400}$$

Estimación del volumen de
escorrentía en la planicie

Es necesario predecir el volumen total de escorrentía que puede acumularse durante la mayor tormenta. Esta estimación requiere un conocimiento de las intensidades de las lluvias y de sus frecuencias.

El método más simple para la estimación de la escorrentía total, es el de comparar las curvas acumulativas de las lluvias con las curvas de infiltración acumulada.

La curva acumulativa de lluvia se obtiene del gráfico No. 14, para cada una de las frecuencias ; en tanto que la curva de infiltración acumulada proviene de los datos obtenidos en la prueba respectiva, para los diferentes suelos. Se asume que la capacidad de infiltración es constante y que tiene el valor más bajo, que puede resultar de antecedentes de alta humedad.

El volumen máximo de escorrentía está entonces dado por la diferencia mayor, entre la cantidad de lluvia y la capacidad de infiltración. El volumen total de escorrentía se obtiene de la siguiente ecuación (2 y 3).

$$V = A (I - F) \text{ máxima.}$$

Pag. 97.-

en la que: V= Volumen total de escorrentia (m^3)

I= Curva acumulativa de la lluvia (mm)

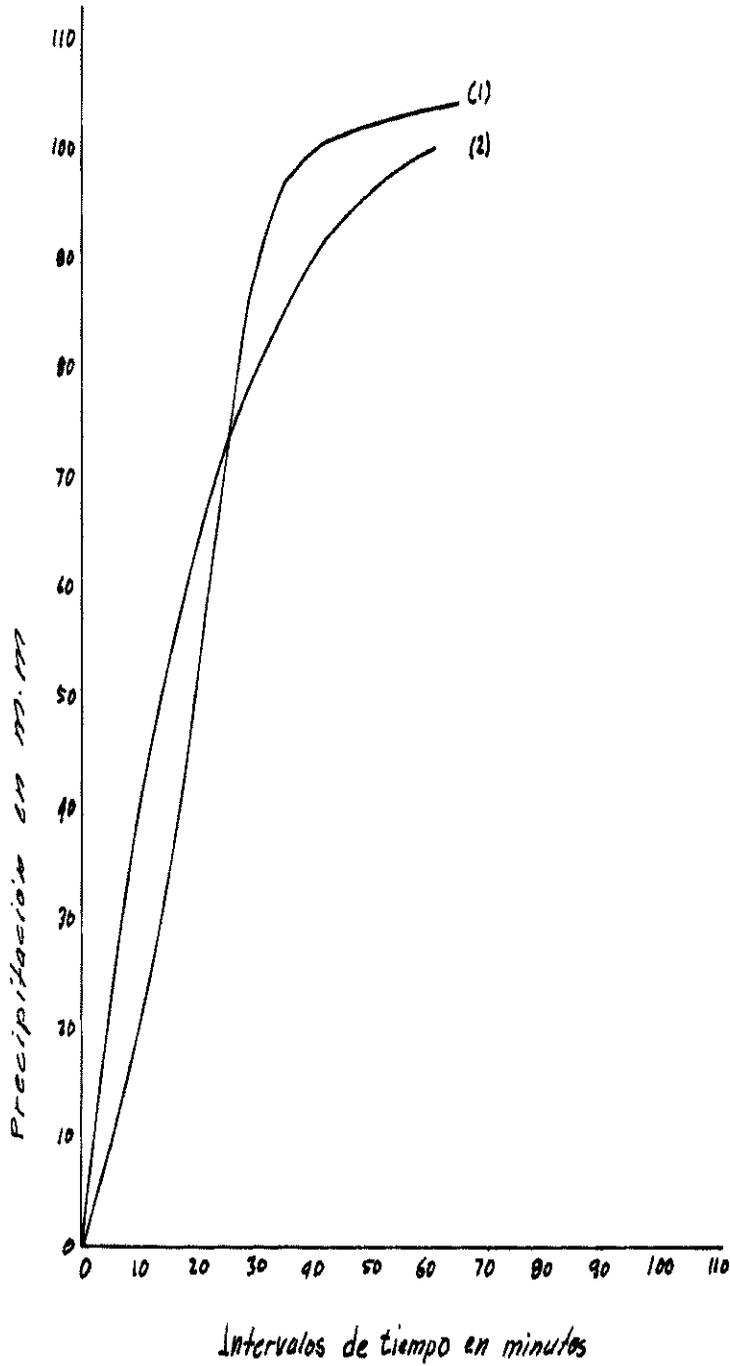
F= Curva de infiltración acumulada (mm.)

A= Area. (acres)

En la gráfica 21 se puede apreciar que la curva acumulativa de lluvia, desarrollada a partir de las curvas contenidas en las figuras : 12, 13 y 14, es similar a la que se obtendría al asentar en un sistema de coordenadas, los datos de la lluvia caída el nueve de junio de 1958, la cual es la mas intensa que se ha registrado durante el record de ocho años.

comparacion ente escavas acumulativas
de la lluvia calculada para 8 años de
frecuencia mas acumulativa de las
lluvias entre 9 de junio de 1958

Fig-22



1-Precipitación calculada para 8 años frecuencia
2-Precipitación del 9 de junio de 1958

Cuadro No 13.- Capacidad de infiltración de los suelos

Ubicación	Coordenadas geográficas	Infiltración en la última hora	Serie de .suelo
El Carmen	87.0-37.4	7.2 cm.	Esquipulas
Los Mamones	87.0-29.3	5.1 cm.	Esquipulas
Buena Vista	79.9-34.0	10.3 cm.	Misc.de Col.
La Calera	91.0-41.5	10.4 cm.	Sabana Gde.
Sn. Miguel	90.9-31.6	13.6 cm.	San Miguel
60			

Datos obtenidos del Informe a la Aguadora; excepto los que se refieren a la Serie San Miguel.

Diferencia, entre la curva acumulativa de precipitación calculada para cada BAÑOS DE FRECUENCIA, y las curvas de infiltración acumulada de 4 series de suelos

Curva de infiltración acumulada:
 1- de la serie SM Miguel
 2- de la serie LA Colono de
 3- de la serie miscelaneas de colavio
 4- de la serie Esquipulas

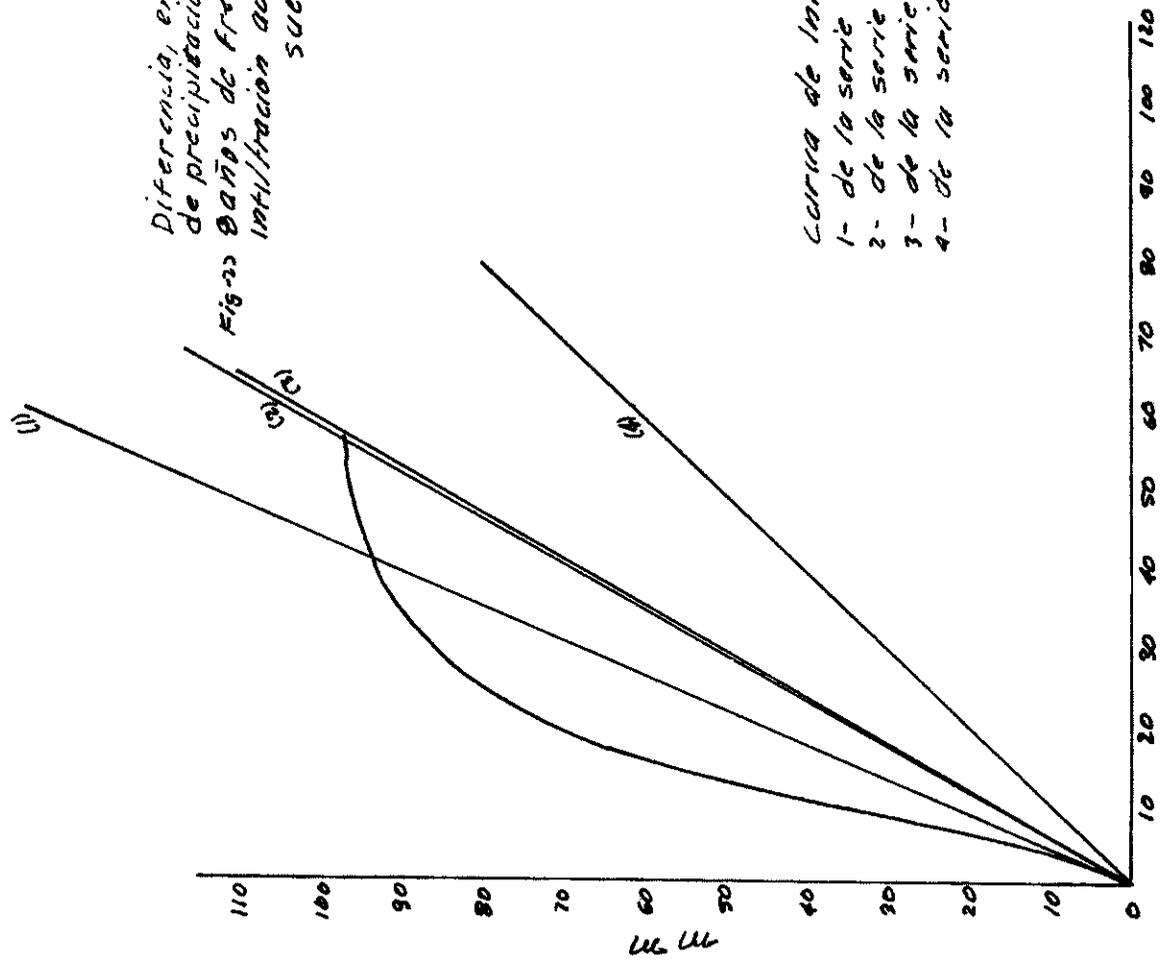
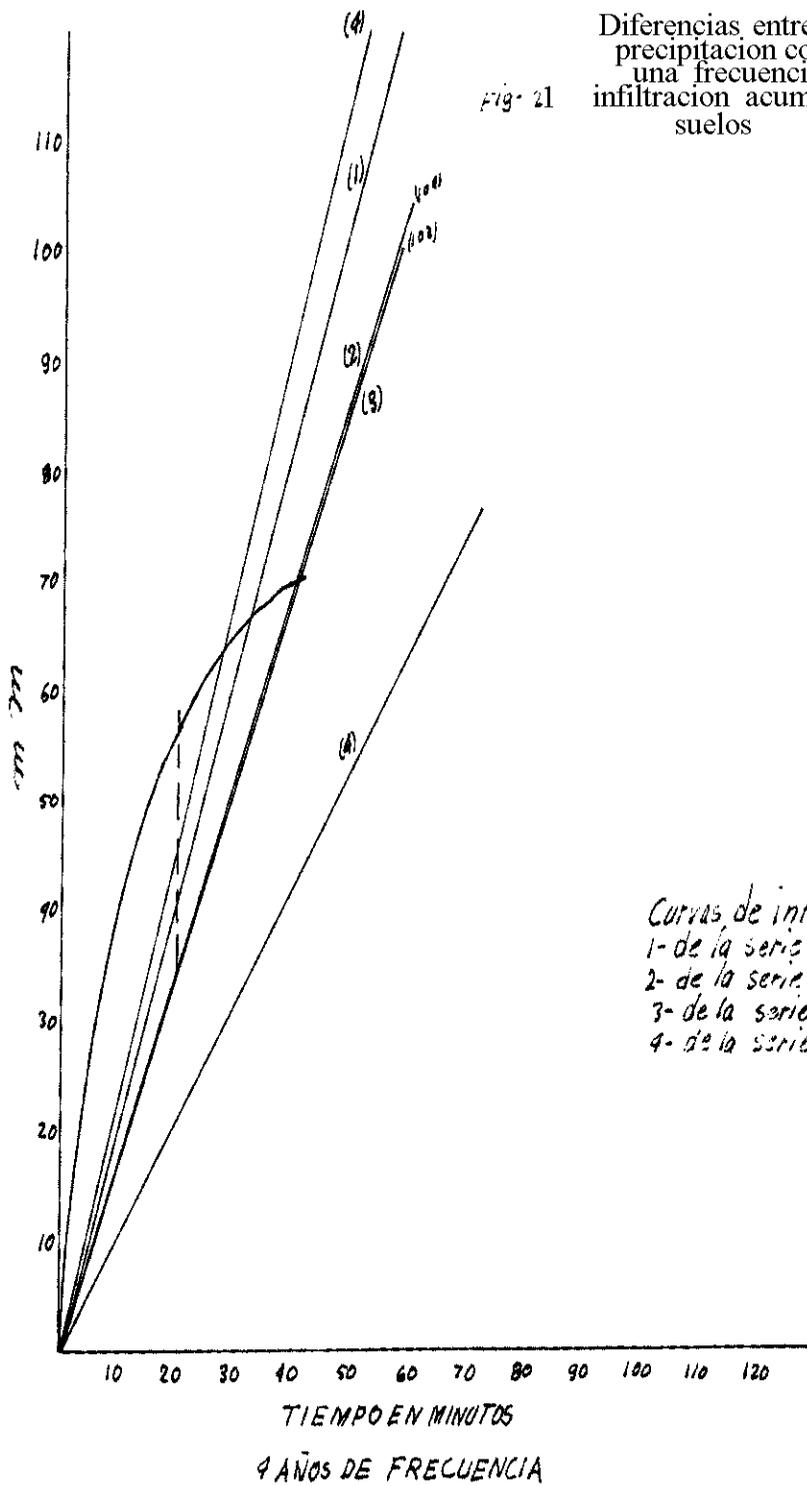


Fig-23 BAÑOS DE FRECUENCIA, y las curvas de infiltración acumulada de 4 series de suelos

BAÑOS DE FRECUENCIA

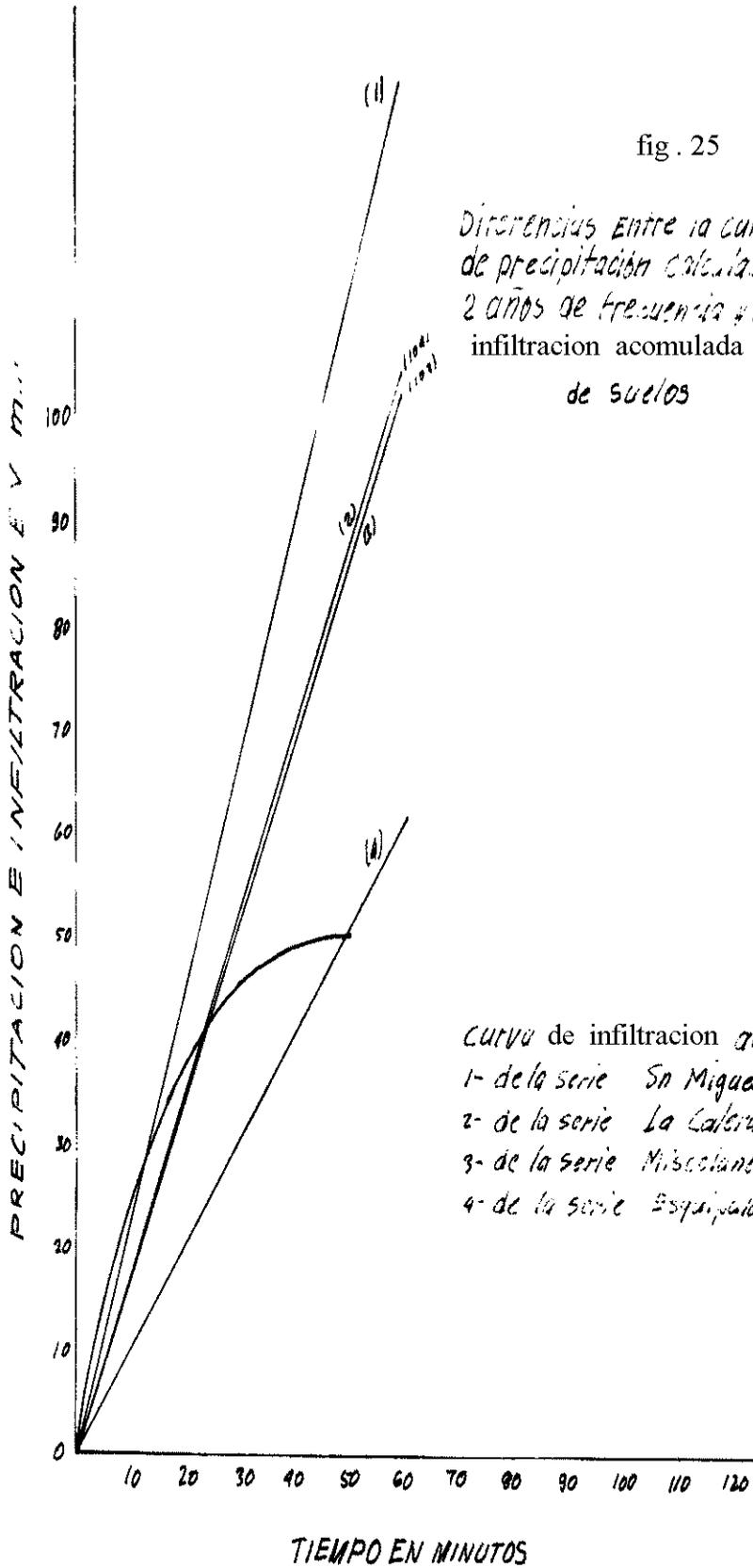
Fig. 21 Diferencias entre la curva acumulativa precipitación compuesta para cada una frecuencia de curvatura de infiltración acumulada para una de 9 series de suelos



Curvas de infiltración acumulada
 1- de la serie Sn Miguel
 2- de la serie La Colera
 3- de la serie Misceláneas de Coluio
 4- de la serie Esquipula

fig. 25

Diferencias entre la curva acumulativa de precipitación calculada para cada 2 años de frecuencia y las curvas de infiltración acumulada de 9 series de suelos



curva de infiltración acumulada
1- de la serie Sn Miguel
2- de la serie La Calera
3- de la serie Misceláneas de Solvino
4- de la serie Esquirolas

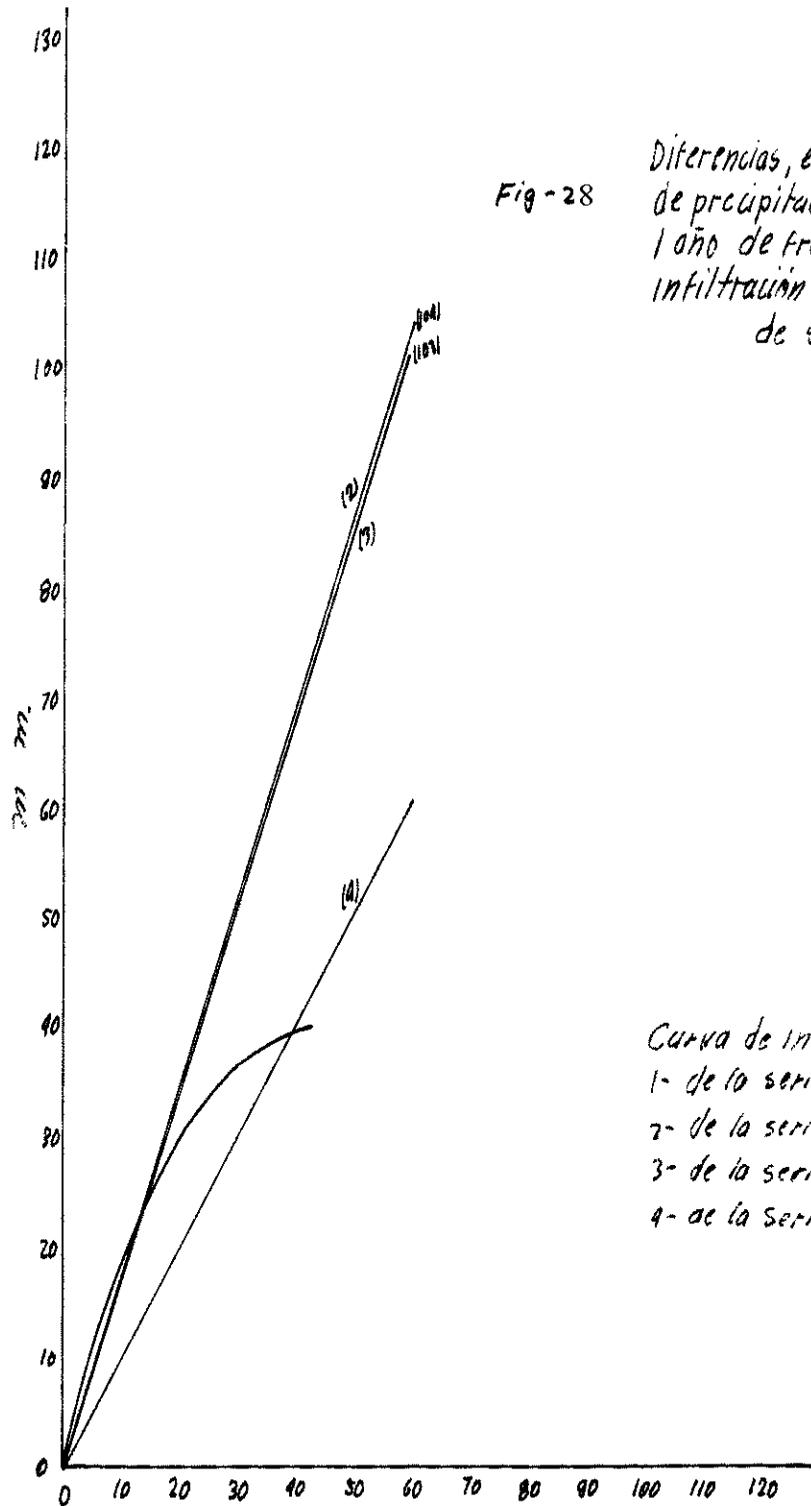


Fig-28

Diferencias, entre la curvas acumulativas de precipitación calculada para cada 1 año de frecuencia, y las curvas de infiltración acumulada, de 9 series de suelos

Curva de infiltración acumulada:

- 1- de la serie Sn Miguel
- 2- de la serie La Colera
- 3- de la serie Miscelanea de caluvio
- 4- de la serie Esquipulas

TIEMPO EN MINUTOS

1 AÑO DE FRECUENCIA

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

I.- Resultados de los cálculos para la corrección de la garganta del torrente

Tamaño máximo de los (acarros) (V x)

En el punto descrito en las páginas anteriores y escogido para tomar en él la muestra de los acarros, se observó que uno de los materiales de mayor tamaño tenía un volumen de 0.07 m^3

Tamaño medio de los (acarros) (V m)

Primero, se encontró que las dimensiones del torrente eran las siguientes:

- Ancho promedio = 12,38 m
- Altura promedio = 1,23 m
- Area promedio = 15,22 m
- Radio medio = 11,01 m
- Pendiente prom. = 3,2 ‰

En base a estos datos y empleando la fórmula de GAUGUILLET y KUTTER, se determinó que la velocidad del agua era de 7.44 m/seg., y su componente horizontal de 0.24 m/seg. De la

comparación de este último dato con los valores de la tabla de THOULET; se deduce que a todo material con un diámetro menor que 5 m.m. se le debe considerar como sedimento.

Luego se procedió a hacer el análisis granulométrico cuyo resultado se detalla en el siguiente cuadro.

cuadro No.14.- Análisis granulométrico de los acarreos del torrente.

Tamaño de los granos	Peso total de la muestra	No. de granos de cada muestra	Peso de la muestra gr.	Volúmen de la muestra cm ³	Peso específico	% del total de granos
Entre:						
5y9 mm.	5.22	42	17.0	7	2,428.5	12,894 76.2%
9y13 mm.	3.75	40	52.3	21	2,492.8	2.864 17.0%
13y16 mm.	2.50	40	134,65	57	2,362.2	740 4,3%
mas de 16 mm.	6.13	419	granos total	2.466	2,502.0	419 2,5%

Con estos datos ya se puede trazar la curva de composición granulométrica, cuyo índice de composición es:

$$i = \frac{S_1}{S_2}$$

S_1 = Superficie sobre la curva

S_2 = Superficie bajo la curva (ver fig. 26)

16.917 granos tenían según el análisis, un volumen igual a 0.0071731 m^3 ; por lo cual, el grano de volumen medio será de $0,4 \text{ cm}^3$.

.- El peso específico medio de los acarreos fué de $2.446,375 \text{ kg/m}^3$.

.- El caudal generador del lecho.

El coeficiente de velocidad (C_s) fué: 23.27 en base a un coeficiente de BAZIN (C) = 33.734

El coeficiente de SCHOKLISTSCH () = 0.0119

El factor S fué = 6.443

La pendiente de compensación del aterramiento fué = 1.5%

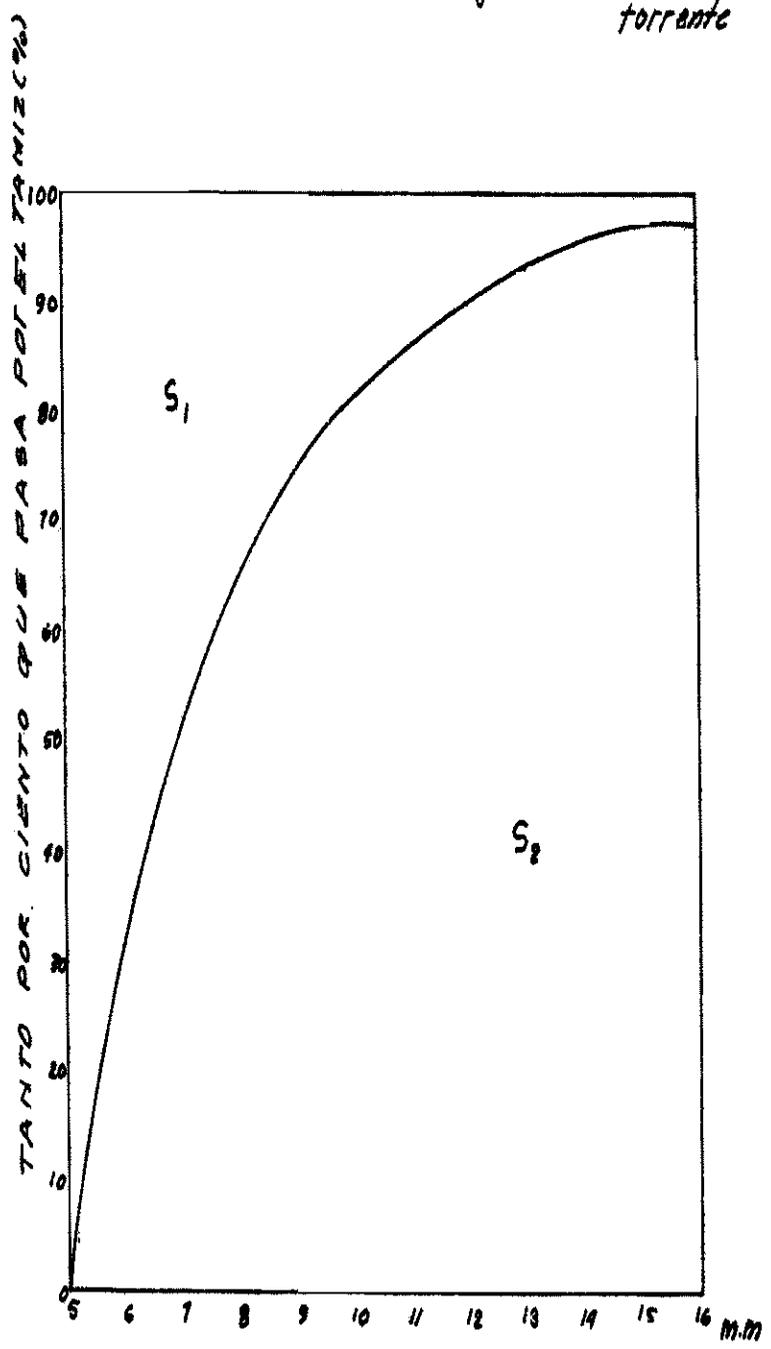
La velocidad del agua (u) = $2.61 \text{ m}^3/\text{seg}$.

El coeficiente para calcular el caudal generador del lecho fué de $10.73 \text{ m}/\text{seg}$., y

El caudal generador del lecho = $27.08 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Fig. 27

Curva que representa la composición granulométrica de los acarreos del torrente



TAMAÑO DE LOS GRANOS

Luego se calculó que el agua llegaba a 0.83 m. de altura.

El caudal de crecida promedio, al que se aproxima el que corre en cualquier momento y todos los años, es de 27,08 m³/seg. y es el que provoca la erosión del cauce.

Esta cantidad es superada por los 62,34 m³/seg. que se reúnen en la gargante bajo condiciones de máxima torrencialidad; lo cual ocurre una vez cada ocho años.

La diferencia entre ambas cantidades también se justifica si se toma en cuenta que la Cía. Hazen & Sawyer (22) señala que los mayores gastos ocurren al nivel de Ticuantepe.

II.- Valoración de los factores de escorrentía

en la cuenca de recepción.

Las listas que aparecen en cada una de las zonas marcadas en la hoja No.2 del anexo, contienen los valores de los diferentes factores productores de escorrentía; y guardan el mismo orden que el usado al enumerarlos en la página. 65.

Naturalmente que con un estudio más detallado sobre la región respecto a los regímenes de precipitación, la topografía del suelo, la vegetación y las condiciones climáti-

cas, se puede llegar a adoptar valores mucho más reales para la obtención del coeficiente de escurrimiento.

Sin embargo, los valores existentes en la hoja No.2 del anexo sirven como un índice que señala los lugares que requieren más atención. Se los utiliza también, aunque indirectamente, para el cálculo de la máxima tasa de escorrentía que puede llegar hasta la garganta, bajo ciertas condiciones críticas de lluvia.

Relieve

Para la calificación de los factores productores de escorrentía, se han adoptado los valores seguidos por el servicio de Conservación de Suelo de los EE. UU., zona III (2 y 3).

Los valores para el relieve de esta zona son los siguientes:

Para terreno empinado, abrupto, con declives medios generalmente superiores al 30%.....	40
Para terreno montañoso, con declives medios del 10 al 30 %.....	30
Para terreno gradualmente ondulado, con declives medios del 5 al 10%.....	20

El valor dado a la infiltración de los suelos. siguiendo el cuadro de calificación de los factores productores de escorrentía fue de 10. Este valor es justificable puesto que, a pesar de que sean suelos de alta capacidad de infiltración debido a su tipo de textura, el relieve accidentado del terreno hace que tal cualidad pierda importancia.

Recubrimiento vegetal

Cuadro No. 15.- Calificación o valoración de los distintos tipos de recubrimiento vegetal.

Tipos de vegetación		Calificación
Arbórea espesa (Ar.D)	arbustiva espesa (A v. D) =	5
" media (Ar.M)	" espesa (A v. D) =	15
" " (Ar.M)	" media (A v. M) =	10
" escasa (Ar.E)	" " (A v. E) =	15
" " (Ar.E)	" escasa (A v. E) =	20
Pasto natural bajo (PNb) o pasto natural		
	alto (PNalt) =	20,

Este último valor se debe a que las pendientes de los suelos sobre las que se halla esta cubierta vegetal, son superiores al 30%, que se considera el límite de gradiente para este tipo de vegetación.

.- Acopio superficial.

Como consecuencia del relieve, el acopio superficial o drenaje externo de estos suelos, de acuerdo con la misma tabla anterior, tomaron los siguientes valores:

Para un acopio superficial insignificante:

depressiones superficiales pocas y someras;
empinadas y pequeñas; sin pantanos ni aguazales.

20

Para un acopio superficial bajo:

sistema bien definido de pequeñas
vías de drenaje: sin pantanos ni
aguazales.

15

III.- Tasa de escorrentía en la cuenca de recepción.

cuadro No.1 . Superficie de la cuenca de recepción con sus coeficientes de escorrentía.-

Valores de C	Superficie bajo el coeficiente	Porcentaje del área
0,35	0,15260 Km ²	0,25%
0,42	33,69520	41,83%
0,48	5,84676	7,29%
0,50	39,00652	48,41%
0,60	1,75272	2,22%

Promedio de C:

$$C = \frac{41,83 \times 0,42}{100} + \frac{7,29 \times 0,48}{100} + \frac{48,41 \times 0,50}{100} + \frac{0,25 \times 0,35}{100} + \frac{2,22 \times 0,60}{100}$$

$$C = 0,4669$$

I = 143 m.m. = precipitación del 7 de junio de 1965

A = 80,66 Km²

$$Q = \frac{0,467 \times 0,143 \times 80,660.000}{86,400} = 62,34 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

62.34 m³/seg. es un valor de escorrentía que está calculado sobre la base de la precipitación crítica que se ha pre-

sentado en un período de ocho años.

IV.- La vegetación y el tipo de explotación.
en la cuenca de recepción.

El tipo de vegetación y su distribución general en toda la zona de captación, está determinado, en gran parte, por la clase de uso al que es sometido el suelo: y éste, a su vez varía con la forma de tenencia de la tierra y la extensión de las explotaciones.

A continuación se analizará la correlación: tenencia-extensión y uso de la tierra en la zona de captación, en donde existe un total aproximado de ciento cincuenta y seis explotaciones agrícolas. El aspecto general que presentan los factores mencionados es el que figura en el cuadro No.16.

cuadro No.16.- Aspecto general del uso y la tenencia de la tierra en la cuenca de recepción.

Tenencia de la tierra.

	Extensión en %.
superficie total ocupada por las explotaciones	100.00
" " bajo título de propiedad	87.00
" " de tierras alquiladas , ejidales, etc.	13.00

Uso de la tierra.

Tierras en descanso	10.6
" con pastos sembrados	10.5
" " naturales	6.9
" " montes y bosques	24.7

Tierras cultivadas con:

maíz de primera	2.0
maíz de postrera	1.6
frijoles de primera	1.4
frijoles de postrera	1.0
sorgo de primera, arroz, algodón, yuca, tomate, cebolla y hortalizas	0.4
café	34.8
cítricos y piña	0.8
bananos, plátanos y guineos	5.3

TOTAL..... 100%

De lo que antecede se aprecia que:

- Hay una gran superficie (28%) con vegetación herbácea y especialmente potreros, que dan un recubrimiento escaso al en atención a la topografía accidentada en la que se encuentra la mayor parte de ella.

- Existe un área considerable (24.7%) con bosques y montes. Esta situación hay que mantener, pues tales zonas tienen una topografía escarpada, su laboreo puede ocasionar inmediatamente, un arrastre considerable de suelo debido al agua de escorrentía.

- El área ocupada con cultivos anuales, corresponde casi a la mitad de la tierra alquilada, y como se verá más adelante, la aparición de tales cultivos está íntimamente ligada a la existencia de parcelas arrendadas o ejidales. Esto es muy perjudicial para la estabilidad de las tierras de la cuenca de recepción.

- El café es el cultivo que ocupa una área mayor, porque es la fuente de ingresos de la mayoría de los agricultores. Su manejo y existencia son muy importantes en la conservación de los suelos de esta región.

Las tierras en alquiler y las ejidales no son muy nume-

rosas ; y por tanto, su supresión no sería relativamente muy difícil.

- Hay que notar que también existen algunas tierras puestas bajo cultivo, aún sin existir ningún título que legalice su explotación.

- ORTEGA (29) asegura que en dos años, la superficie ocupada con este cultivo ha aumentado en un 22 %.

Actualmente se está notando cierto incremento en el cultivo de la piña.

Extensión.

El total de explotaciones está distribuido según su extensión, de la siguiente manera:

Cuadro No. 17.- Distribución de las explotaciones de las cuenca de recepción según sus extensiones

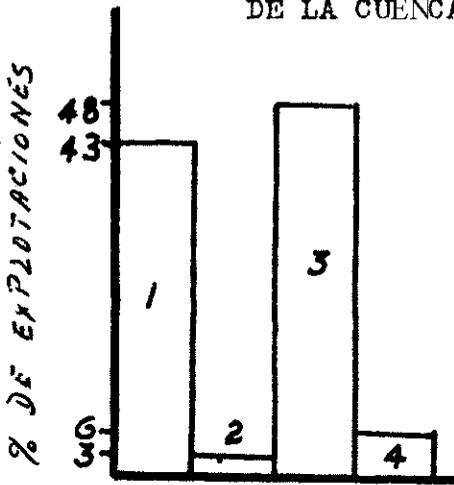
Extensión de las propiedades en manzanas.	Porcentaje del número total.
De 1000 a menos de 2.500	0.7
De 500 a menos de 1,500	1.3
De 200 a menos de 500	4.5
De 100 a menos de 200	17.7
De 50 a menos de 100	9.6
De 20 a menos de 50	16.5
De 10 a menos de 20	7.5
De 5 a menos de 10	8.3
De 1 a menos de 5	33.8

La relación: extensión y forma de tenencia, se puede desglosar en forma esquemática mediante las figuras Nos . 28, 29, 30 31

Uso de la tierra.

Los datos sobre la forma de tenencia serían de más uti-

FIG.- 28. ESQUEMA QUE REPRESENTA LA CLASIFICACION DE LAS EXPLOTACIONES DE LA CUENCA DE RECEPCION? SEGUN SUS EXTENSIONES.



- 1.- GRUPO DE EXPLOTACIONES? CUYAS EXTENSIONES VARIAN ENTRE 1 Y 13,5 MZNAS.
- 2.- GRUPO DE EXPLOTACIONES, CUYAS EXTENSIONES VARIAN ENTRE 13,5 MZNAS. Y 20,2 MZNAS.
- 3.- GRUPO DE EXPLOTACIONES, CUYAS EXTENSIONES VARIAN ENTRE 20,2 MZNAS Y 200 MZNAS.
- 4.- GRUPO DE EXPLOTACIONES , CUYAS EXTENSIONES VARIAN ENTRE 200 MZNAS. Y 2.000 MZNAS.

FIG/ 29.-FORMAS DE TENENCIA EN LAS EXPLOTACIONES DEL GRUPO 1.

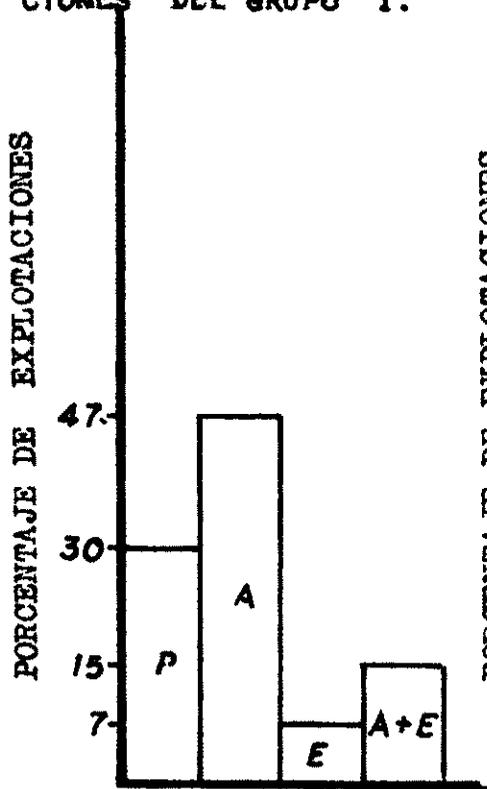


FIG 30 -TENENCIA DE LA TIERRA EN CADA FINCA DEL GRUPO 2

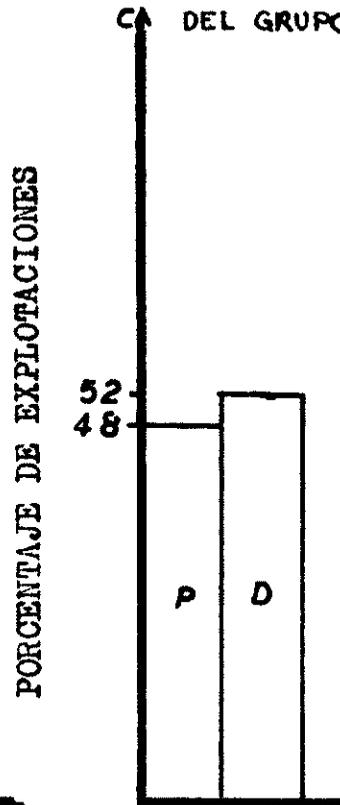
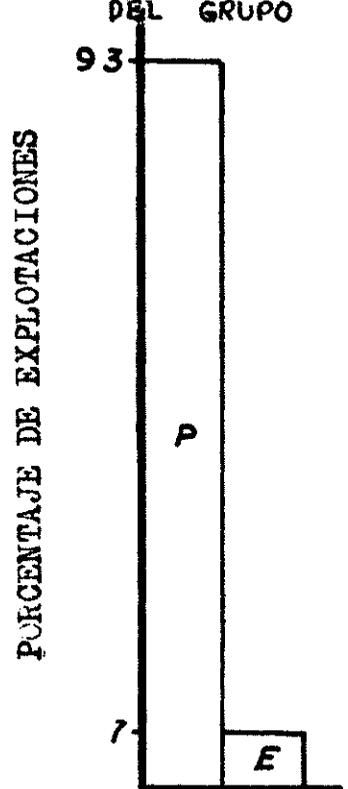
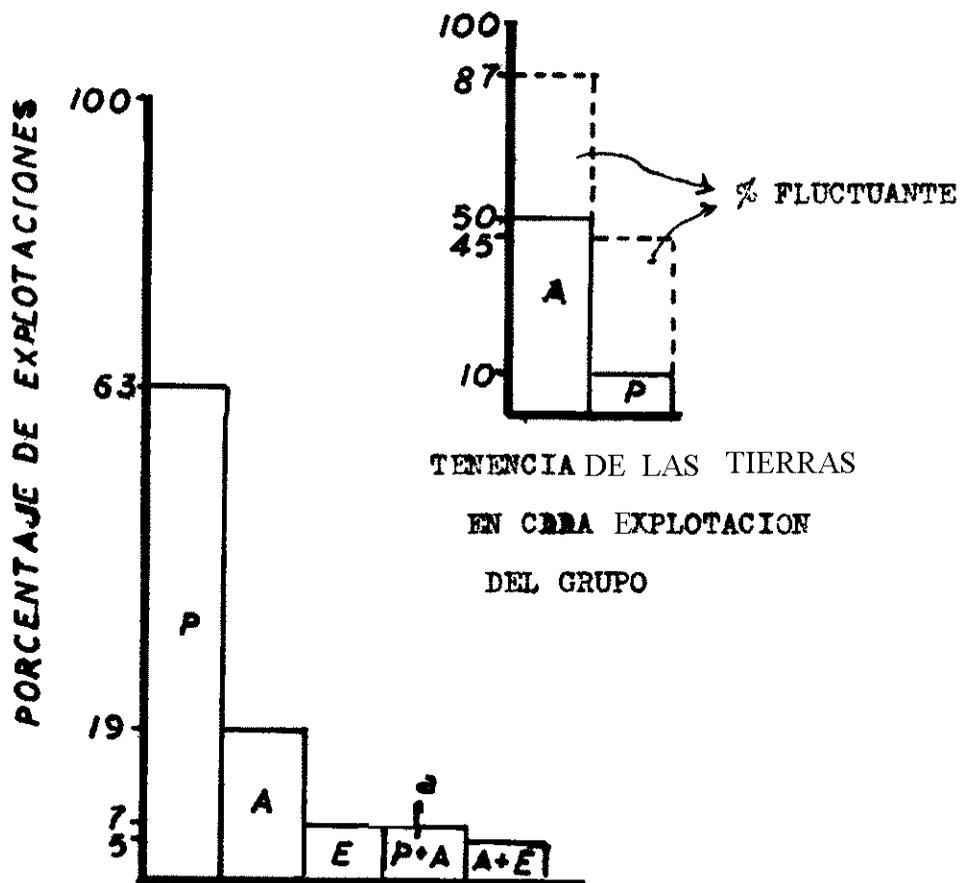


FIG. 31.- FORMAS DE TENENCIA EN LAS EXPLOTACIONES DEL GRUPO 3



- Q = PORCENTAJE DE CADA EXPLOTACION CON TIERRAS NO PROPIAS
- P= PORCENTAJE DE EXPLOTACIONES SOLO CON TIERRAS BAJO TITULO DE PROPIEDAD
- A= PORCENTAJE DE EXPLOTACIONES SOLO CON TIERRAS ALQUILADAS
- E= PORCENTAJE DE EXPLOTACIONES SOLO CON TIERRAS EJIDALES
- E= PORCENTAJE DE EXPLOTACIONES CON TIERRAS ALQUILADAS EN UN 82% Y CON EJIDALES EN UN 18% DE CADA UNA DE LAS FINCAS

FIG.- 32. RESUMEN DE LAS GRAFICAS QUE CONTIENEN LAS EXTENSIONES DE LAS EXPLOTACIONES Y LAS FORMAS DE TENENCIA DE LA TIERRA.



TENENCIA DE LAS TIERRAS
EN CADA EXPLOTACION
DEL GRUPO

GRUPOS DE EXPLOTACIONES SEGUN LA FORMA
DE TENENCIA DE LA TIERRA CUYA SUMA
FORMA EL 100% DEL NUMERO TOTAL DE ELLAS

lidad si esta se correlacionara con el uso de la tierra Tal cometido se cumple mediante el cuadro No. 8, con cuyo análisis se llega a los resultados que se representan en las gráficas 33 y 34.

Además de lo representado en las gráficas, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- En el grupo de las explotaciones cuyas extensiones varían entre 1 y 13,5 mmz. se observa que casi todas las que se hallan íntegramente bajo título de propiedad, también están ocupadas con cultivos perennes en esa misma proporción; salvo en un 7,4% de los casos en los cuales solo un tercio de sus extensiones están ocupadas con ese tipo de cultivo .

- Excepto en un 7,4%, todas las explotaciones que están compuestas solo con tierras alquiladas o ejidales, en su totalidad se hallan ocupadas con cultivos anuales.

- El 7,4% de las explotaciones que están compuestas de tierras bajo título de propiedad y en alquiler, presentan cultivos perennes en las tierras propias y cultivos anuales en las extensiones alquiladas.

Todo esto marca el carácter anual de los arrendamientos.

En el grupo de las explotaciones, cuyas extensiones varían entre 13,5 y 20,2 manzanas, aún en aquellas de carácter

ejidal, la proporción de suelos con cultivos anuales no es mayor del 10%. Esto indica que la forma de tenencia ejidal es más susceptible de ser modificada en favor de un adecuado uso de la tierra.

Con todo lo visto anteriormente, se confirma lo asumido en un comienzo sobre la correlación existente entre la extensión de las propiedades, la forma de tenencia de la tierra y el uso que se le da a ésta en cada uno de los casos. El análisis ha servido para poner los hitos entre los cuales fluctúan las tres variables mencionadas.

A continuación se desglosará el uso de la tierra para completar así el panorama. Para ello sirvieron los cuadros No. 9 y 10. En el primero se trata de los cultivos anuales y en el segundo, de los cultivos perennes. Estos datos se esquematizan en los gráficos 35 a 39, y a ellos se pueden añadir las siguientes observaciones:

El arroz, la yuca, los tomates y las hortalizas, se hallaban en muy pocas explotaciones, en las cuales ocupan sólo una pequeña extensión. Tales cultivos se ven únicamente en predios de 5 o más manzanas.

- En explotaciones con una extensión entre 20,3 manza-

nas y 150 manzanas, el porcentaje del área ocupada con café es grande.

- Con muy raras excepciones, la fuerza humana es la que ejecuta todos los trabajos agrícolas en las explotaciones.

En cierta propiedad de 102 manzanas, en donde habían 40 manzanas de potrero, aproximadamente, el número de animales no excedía de ocho.

El uso de la tierra en las 10 explotaciones más grandes.

Como ya se anotó anteriormente, en la cuenca de recepción existen 10 explotaciones con extensiones mayores de 200 manzanas, cuyas características, en cuanto a distribución de los cultivos, son las que se ilustran en las gráficas

Solo en una de esas propiedades se utilizan los siguientes implementos de labranza: un arado de madera y uno de discos y una grada de dientes.

En cuanto a trabajos de conservación: se cultiva en terrazas, y en curvas de nivel. además, se practica la rotación de cultivos con maíz, frijoles, arroz y maní.

FIG. 38. DETALLE DE LOS CULTIVOS AÑUALES EN LAS EXPLOTACIONES DE LOS GRUPOS 2 Y 3. TOMANDO EL NÚMERO DE ESTAS COMO EL 100%

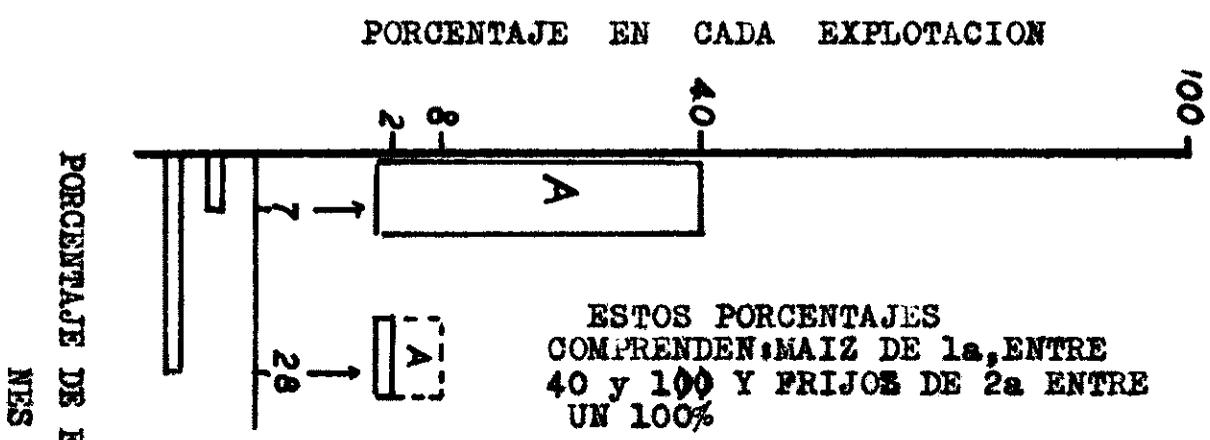
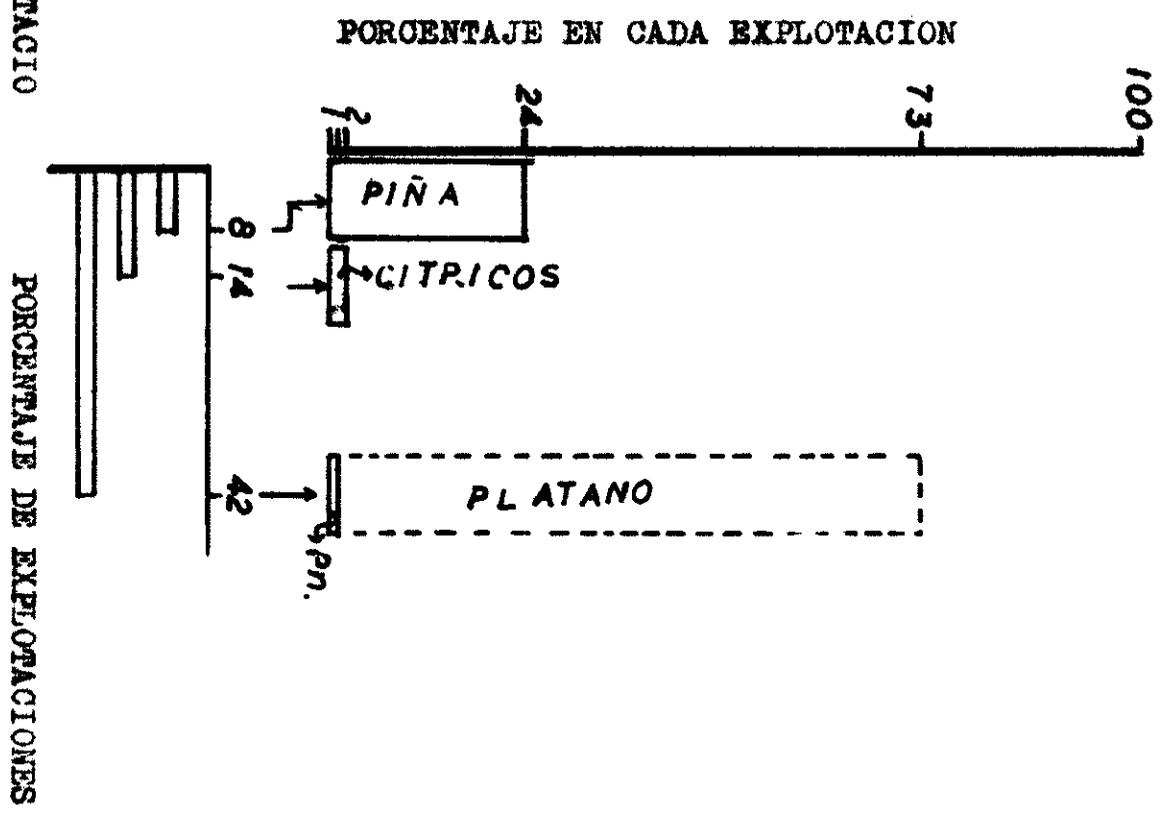


FIG. 39 DETALLE DE LOS CULTIVOS PERENNES EN LAS EXPLOTACIONES DEL LOS GRUPOS 2 Y 3. TOMANDO EL NÚMERO DE ESTAS COMO EL 100%



Comparaciones, entre los datos obtenidos por PATTEN (30) en 1954 y los obtenidos en base al Censo de 1963, respecto al uso de la tierra.

PATTEN advierte la presencia de colonos que son los arrendatarios de las zonas ocupadas con cultivos anuales y a los que se consideraria como los causantes de la agricultura migratoria.

PATTEN cita un 50% como la minima extensión ocupada por el café en cada una de las explotaciones que constituyen el 71% del total de ellas, mientras que un dato casi igual lo da el Censo de 1963.

El área con montes y bosques, por finca y en total, ha permanecido constante o ha variado muy poco desde 1954 hasta 1963. En efecto, esto se aprecia en las cifras siguientes:

PATTEN	Censo de 1963
18,5% de todas las plantaciones	24.7% del área total
9,60% del área de cada finca	6.55% de cada propiedad

Observó también que la existencia de los cultivos anuales en las fincas grandes obedecía al consumo interno de la finca.

La importancia, en cuanto al área de los cultivos anuales ha permanecido constante, pues siguen siendo el maíz, los frijoles y el arroz, en el orden citado, los más importantes. Sin embargo, según el cuadro No.8, el sorgo, como cultivo de postre ha tenido un incremento en los últimos años.

Los cítricos, la piña y los tomates seguían ocupando en el año 1963 el 1% del área cultivada total.

V.- Aspectos de interés de algunos cultivos perennes.-

Café.

.- Precipitación.- Como se puede apreciar en el cuadro No. 1, en el que aparece la distribución de la precipitación en las Sierras, el total medio de ella (1.078 mm.), se aproxima más al mínimo del requerimiento antes que al óptimo.

En el presente trabajo no se discutirá si tal zona es o no marginal desde el punto de vista climático, sino desde el punto de vista de la conservación del suelo y para ello es necesario conocer las particularidades de su cultivo.

.- Siembra.- El hoyado se hace dos meses antes de la siembra, o sea a fines de marzo o a principios de abril, puesto que la siembra se empieza en junio.

Como la gran parte son cafetos viejos , se está comenzando la siembra de renovación en curvas de nivel, utilizando el sistema de siembra en tresbolillos y en sendas terrazas individuales. Originalmente habían sido sembrados sin contemplar esas defensas para la conservación del suelo.

En siete fincas se observó que el número de cafetos sembrados anualmente variaban entre 12,000 y 24,000: salvo una excepción, en la cual se sembraron 5,000 cafetos en dos años. Esto pone de manifiesto la decisión de los agricultores de seguir ocupando sus explotaciones con café: aunque existe el programa de renovación, mediante el cual se trata de eliminar el café de las regiones marginales".

Generalmente se encuentra una densidad de 726 - 1,000 plantas, por manzana, según la variedad cultivada.

.- Variedades.- Las más cultivadas son: bourbon, caturra, arábico y maragogipe , en su orden de importancia. También hay algunos lotes con la variedad pacas. El arábico y el maragogipe constituyen la mayor parte de los cafetales viejos.

.- Manejo del sombrío.- El manejo de los árboles de sombra reviste especial interés para la buena conservación del suelo;

pues dentro del cafetal desempeñan estas funciones:

.-Hacen el papel de paraguas . Efecto del que ya se ha hablado.

.- Modifican notablemente la capacidad nutritiva del suelo, no sólo manteniéndolo húmedo y flojo, sino también extrayendo con las raíces los principios nutritivos de las capas más profundas y depositándolos en la superficie en forma de hojas, que desprenden y caen.

.- Eliminan del cafetal una multitud de malezas que no pueden tolerar la sombra.

Los árboles para sombra que se encontraron con mayor frecuencia fueron los siguientes:

Búcaro	Eritrina	costarricense
Copel	Ficus	sp.
Crotalaria	Crotalaria	sp.
Chilamate	Ficus	sp.
Gandul	Cajanus	indicus
Genizaro	Pithecolobium	saman
Guabo	Inga	sp.
Guanacaste	Enterolobium	cyclocarpum

Madero

Cliricida sepium

Matapalo

Ficus sp.

De todos estos , los más comunes son: el madero, el guabo, el guanacaste, el guabillo y el copel .

La siembra de un cultivo de cobertura es una de las medidas eficaces para contrarrestar el crecimiento de malas yerbas que compiten con el café en nutrientes, y para prevenir la erosión del suelo. Esta medida ha sido tomada en algunas propiedades donde se ha sembrado cupi : como se ve en la fotografía NO.45.-

En resumen, se pueden observar tres variantes en la cobertura del suelo:

.Suelo desnudo en ladera de más del 45% de pendiente y con cafetos en terrazas individuales , como en el caso que se puede apreciar en la fotografía No. 16, en la que además es posible notar la disposición de los cafetos en tresbolillo.

. suelo cubierto por una capa muy delgada de residuos vegetales, como se puede observar en la fotografía No. 46.

. Cobertura constituida por plantas , como aparece en la foto No.47.

Es preciso y de urgente necesidad , por tanto, el emprende-

der la tarea de proteger al suelo en aquellos terrenos desnudos y en aquellos cubiertos por la capa tenue de residuos vegetales. Para ello se puede comenzar con el ensayo de utilización de plantas de cobertura empleadas ya en otros países, tales como:

- La suelda o consuela de flor morada (Comelina sp.)
- La suelda o consuela de flor blanca o cohitre de Puerto Rico (Commelina virginia L.)
- El cohitre morado (Tradescantia zebrina)
- La coneja o golondrina (Pseudo-chinoleana polistrachia)
- El añil rastrero (Indigofera endecaphyla) (10).

De todos estos pastos, el cohitre morado se adapta a sitios donde la sombra es espesa en tanto que el añil rastrero se adapta mejor donde la luz solar penetra bien. Además, existen plantas que tienen otras buenas características como: la grama colorada o yerba alfombra, que es de corto crecimiento, se propaga con gran rapidez y usar no va más allá de ocho pulgadas, cubriendo muy bien el suelo. (35).

La medida anterior es tanto más urgente, cuanto que los agricultores se ven precisados a efectuar la segunda desyerba al mes de haber hecho la primera, debido a la presencia

de abundante maleza. Por el mismo motivo, en el 25% de las fincas visitadas se hacen tres desyerbas: una en "verano", (abril) y dos en la época lluviosa o las tres en esta última. Es de anotar que la segunda desyerba casi siempre coincide con uno de los meses más lluviosos del año como lo es octubre lo cual representa un peligro para la estabilidad del suelo. La primera desyerba, en ocasiones, se la efectúa en junio que también es un mes lluvioso.

Aparte de las desyerbas totales, hay la costumbre de efectuar los llamados caseos, que consulten en la desyerba alrededor de cada cafeto. Cuando existen las terrazas individuales, tal desyerba se efectúa en todo el terraplén de cada una de ellas. Esta práctica es muy buena desde el punto de vista de la conservación del suelo, pero sus ventajas desaparecen cuando el agricultor mira tal práctica tan sólo como un medio de ahorrar trabajo y dinero, y por ello la desyerba total la efectúa en el mes lluvioso (junio), en tanto que el caseo lo hace en el mes seco (abril), cuando lo adecuado sería hacerlo al contrario.

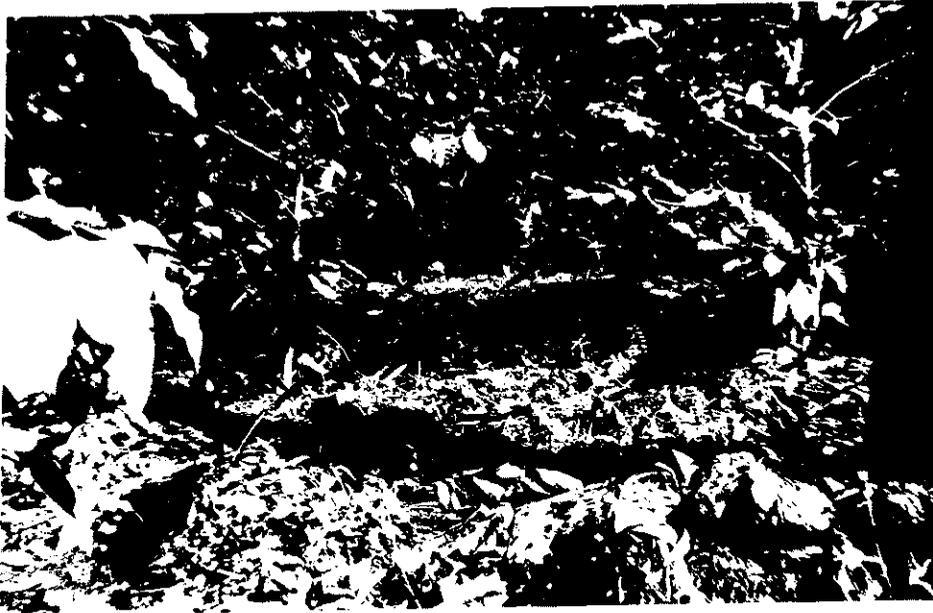
.- Fertilización: Tal parece que ha habido un adelanto a este respecto, pues mientras PATTEN (30) escribía en 1954 que en nin-



Fig. 44.- Momento de limpia en una finca cafetalera.



Fig. 45.- Cobertura de leguminosas en una propiedad situada en las Sierras de Managua.



OCT . 1966

Fig.46.- Apreciese la cobertura del suelo con barrujo y la disposición en cuadro de los cafetos.



OCT . 1966

Fig. 47.- Terraza individual y malezas a manera de cobertura vegetal. Nótese también la disposición del cafeto en relación a la sombra.

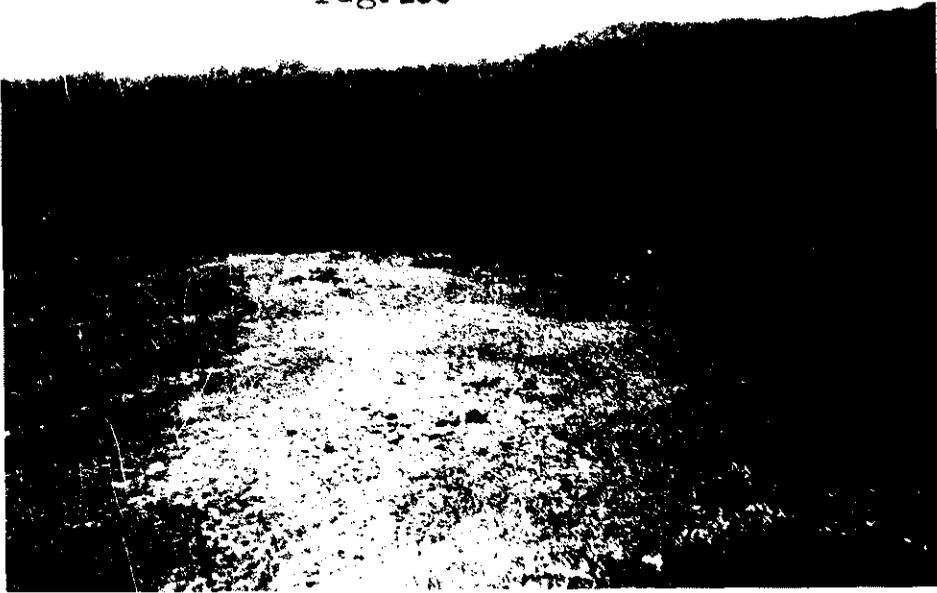


Fig. 48.- Suelo con vegetación herbácea de escaso desarrollo y sometido al pastoreo de ganado caballar y mular.



Fig. 49.- Erosión de cárcavas en las cunetas de los caminos.

guna explotación se aplicaba fertilizantes comerciales pero que la pulpa era usada como fertilizante en el 29% de las plantaciones, en 1965 se encontró, que de nueve explotaciones en las que se investigó el problema, en siete de ellas hacían aplicaciones de fertilizantes a los cafetos jóvenes, con dosis que variaban entre dos y cuatro onzas por mata.

Unos pocos agricultores aplican fertilizante a los cafetos jóvenes después de cada caso en la cantidad antes especificada en tanto que a los cafetos viejos les aplican media libra por planta.

Medidas de conservación de suelos en los cafetales . PATTEN (30), al referirse a los suelos de las Sierras de Managua, dice que a pesar de tener estos un drenaje interno medio y aún rápido, debido a la textura del suelo, el drenaje externo también es rápido sobre las pendientes fuertes, a tal punto que, del 75% de las tierras inclinadas , el 16% presenta desde la erosión laminar leve, hasta la erosión severa.

En 1965 se notó la preocupación de algunos caficultores por resolver el problema de la erosión. Por ello se pueden observar en sus propiedades las siguientes medidas de con-

servación:

- Terrazas corridas siguiendo las curvas de nivel como las que aparecen en la fotografía No.46.
- Terrazas individuales, conocidas entre los agricultores con el nombre de "banquinas". Fotografía No.47.

Como se había anotada, los cafetos nuevos son sembrados siguiendo el sistema de tresbolillo. Esto ya es un adelanto en la conservación del suelo.

Pero la disposición de los cafetos en relación con el sombrío hecha a perder, en parte, las ventajas de la terraza individual. Como se puede apreciar en las fotografía No. 47, el cafeto y la planta de banano se hallan en la misma banquina; ello es muy perjudicial tanto para el suelo como para los dos vegetales, puesto que ambas plantas poseen raíces superficiales y, por tanto, el suelo se empobrecerá rápidamente ya se duplica el consumo de los principios nutritivos. A su vez, las dos plantas, no tendrán la suficiente cantidad de agua, ni de elementos nutritivos. En resumen, se da el caso único, en el cual la sombra causa daño al cafeto o viceversa.

Todas las medidas conservacionistas ya explicadas, se refieren a los cafetos jóvenes.

El banano, el plátano y los guineos.

Momento de siembra.- En esta zona, la plantación la realizan parte en abril y el resto en mayo y junio, siendo la última la mayor.

Generalmente se siembra en cuadros de 2,50 m. de lado.

Limpias y deshijos.- Se dan tres limpiezas al año: una en "verano" y dos en "invierno"

Fertilización.- se hacen hasta tres fertilizaciones al año . Una en seguida de la siembra, la segunda a los cuatro meses de la primera y la tercera, cuatro meses después.

Existen terrenos que han estado ocupados con banano o plátano durante cuarenta años seguidos.

L a P i ñ a .

Actualmente este cultivo está tomando gran incremento entre los pequeños agricultores de la zona estudiada , siendo sus características , las siguientes:

.- Momento de siembra: Hay quienes han "sembrado" la piña en abril, a pesar de que ellos mismos reconocen que el mejor mes para este fin es mayo. Tomando esto en cuenta, se prepara el

suelo en abril. Algunos siembran en julio.

.- Sistema y distancia de siembra . El sistema más utilizado es el del surco sencillo. Las distancias varían alrededor de las 2,50 m. de calle y 0,42 m. entre las matas. sería muy recomendable que en terrenos con alguna pendiente se siembre en surcos dobles y en dirección transversal a la pendiente.

.- Limpias . Se efectúan tres limpiezas: una al comienzo de la época lluviosa (junio), otra a mediados de esta época (septiembre) y una última inmediatamente de haberse terminado aquella. Debido a tantas limpiezas en la época de lluvias, el suelo con alguna pendiente se verá en peligro de erosionarse, por lo cual lo más indicado es la siembra en bancos de dos hileras , con distancias lo suficientemente cortas entre ellas y entre los bancos, de tal manera de no entorpecer el desarrollo de la piña y crear un medio que no sea propicio para el crecimiento de las malezas .

.- Fertilización: Es una práctica que casi no se observa en el caso de la piña.

se ha hecho referencia a más del café, al plátano, los bananos, los guineos y la piña, porque estos son los cultivos

miento hidrológico de las diferentes zonas.

- Mejor rendimiento agrícola del suelo.
- Necesidad de crear zonas forestales cercana a Managua.

Disminución del caudal de avenida

El caudal de avenida se debe a la existencia de zonas con los valores relativos que a continuación se detallan, y que fueron asignados según los valores calculados por el servicio de Conservación de Suelos de la zona III. EE.UU. para los factores de escorrentía.

Cuadro No. 19.- Superficie de la cuenca con sus valores de rendimiento hidrológico.

Valor hidrológico	Area con el valor hidrolog. dado
90	11,85532 Km ²
80	27,20204
75	27,09064
70	1,90532
60	5,84676
55	0,55372

Mejor rendimiento agrícola del suelo.

Un suelo deteriorado por el mal uso produce rendimientos cada vez menores. Esto es lo que sucede en los suelos dedicados a cafetales viejos que han sido sembrados en terrenos de gran pendiente, sin ninguna medida de conservación y mediante un sistema de cultivo poco más que rudimentario ; o en aquellos suelos de igual pendiente que los anteriores y bajo pasturas destinadas a animales de ningún interés económico; o bajo cultivos escardados utilizados para el consumo interno de la finca.

.- Estado de los cafetales .- Se comenzará por considerar el caso del café, desde el punto de vista de la conservación del suelo.

Se considera que los conglomerados de origen volcánico, es decir aquellos suelos formados por piedras o cascajos aglutinadas por una masa de consistencia media, son de primera calidad para el cafeto . Los subsuelos arenosos y cascajosos son en extremo perjudiciales a tal cultivo, por establecer un drenaje excesivo e impedir la ascensión del agua desde las capas inferiores, perjudicando así a la planta en época de sequía .

En cuanto al p.H. del suelo adecuado para el café, MAYNE (), a través de sus investigaciones, demostró que el ambiente más propicio para el desarrollo del cafeto es de carácter ácido, y en Ceylan (1) se estableció que el p.H. en el que mejor se desarrolló el café variaba entre 4,2 y 5,1.

Todos estos factores parecen llevar a la conclusión de que los suelos de las Sierras de Managua, por lo menos, en lo que toca al área comprendida dentro de la cuenca de estudio, no son los óptimos para el cultivo del café, por las siguientes razones:

- Si bien es cierto que, como todos los suelos de la Costa del Pacífico, los de la zona de estudio son de origen volcánico parece que una roca ígnea muy abundante en estos últimos es el basalto, caracterizado por contener feldespatos de sodio y calcio y por que sus productos de descomposición son básicos, lo cual no favorece al cultivo.

- El drenaje externo y el interno son muy rápidos en estos suelos. Esta situación se viene a agravar con el período largo de sequía y con la falta de materia orgánica suficiente que mantenga la humedad del suelo.

Aunque las Sierritas no sean consideradas como óptimos pa -

ra el café, el reemplazo de éste por cualquier otro cultivo es muy difícil por las siguientes razones:

- . Todos los años hay cosecha, aunque ésta sea pequeña.
- . No requiere, al menos según el método de cultivo en las Sierras, muchas labores.
- . Los propietarios pueden dejar el manejo y atención de la propiedad al cuidado de los mandadores. De esta manera tienen la facilidad de ocuparse en asuntos de índole distinta en la ciudad.
- . El cultivo del café en esta zona reviste el carácter de tradición.
- . Da ocupación a una buena cantidad de mano de obra en la época de cosecha (150 obreros en las fincas más grandes).
- . No hay ningún incentivo económico, a los ojos de los agricultores, que los decida a cambiar este cultivo por otro: ni siquiera en una parte, porque no tienen las ventajas anteriores.
- . Tiene la facilidad de mercadeo que no lo tiene ningún otro cultivo que pueda desarrollarse en las mismas circunstancias que el café.

.- Estado de los pastizales.- Como se puede apreciar en las páginas destinadas a desglosar el uso de la tierra, de acuerdo con la extensión de las explotaciones y su forma de tenencia, los terrenos con potrero están localizados en propiedades con una extensión mayor de 20.3 manzanas. Sin embargo, es en las diez explotaciones más grandes donde el área para pastos es enorme. Su existencia, según se vió en dos ejemplos anteriores no tiene una justificación valedera. En una propiedad se disponía de 40 manzanas para ocho animales y en otra de 2.000 manzanas, el 99 % estaba con pastos sembrados o naturales, mientras que el número de animales no excedía de los 14. En resumen, existen grandes extensiones con terrenos de gran pendiente y dedicados a potrero, en contraste con los pocos animales que pastan en ellos, y cuyo valor es muy pequeño en comparación con los perjuicios ocasionados por la pérdida del suelo.

Necesidad de crear zonas forestales.

Este argumento tiene como base los siguientes aspectos:

.- La conveniencia de establecer una cubierta forestal en el área mencionada con fines de protección del suelo. Dado el

estado de la industria maderera en Managua, que es el mercado de mayor importancia cercano a la cuenca de recepción, se cree necesario establecer un plan de repoblación y ordenamiento forestal en las regiones aledañas . Tal situación la justifica WEIDEMA(39) con los siguientes razonamientos:

- . Primero; entre los aserraderos y sus principales fuentes de abastecimiento, en la zona del Pacífico, media una gran distancia.
- . A consecuencia de lo anterior, menciona, que como el transporte de madera aserrada es más barato que el de las trozas, una gran parte del precio de la madera en el mercado lo constituirán los gastos de transporte.
- . Pone de manifiesto también, que las mejores explotaciones de la Región Norcentral, tienen su mercado en Managua.
- . El número de empresas madereras , según el mismo autor, en la Región de Managua, es el siguiente (1964):
 - Una fábrica de madera terciada cerca de Tipitapa.
 - Seis aserraderos.
 - Una fábrica de fósforos, que según WEIDEMA, no tiene mucha importancia en el mercado local,

por el hecho de su muy limitado consumo.

Mueblerías.

.La madera que utilizan estas empresas y sus fuentes de abastecimiento son las que aparecen en el cuadro No.20.

En el año 1964, se calculó que la cantidad de madera aserrada en Managua, era de 11,290 Mbf^t; (39) sin embargo, por estimaciones hechas, se asegura que la cantidad demandada por el mercado de esta ciudad se eleva a los 20,000 Mbf^t.

Si se tiene en cuenta que de una hectárea se puede obtener un promedio de 10 m³ de madera, los 54,29 km² que se podrían ocupar con bosques destinados a fines económicos proporcionarían 23,000 Mbf^t aproximadamente.

Cuadro No. 20: Principales industrias madereras existentes en Managua, las especies usadas por ellas y sus fuentes de abastecimiento.

Industria	Especie maderera	Fuente de abastecimiento
Fábrica de madera terciada	Cedro real y Caoba	De tierras cercanas a Carazo o del Dep. de Río san Juan
	Genizaro	Norte de Chinandega sur de Rivas
	Pino	Nueva Segovia y Madrid.
Aserraderos	Idem y además Pochote	Idem. También de las regiones del S. de Rivas, N. de Boaco, N. y E. de Chontales y E. de Matagalpa
Mueblerías	Cedro real, Caoba, , Genizaro, Guanacaste, Pochote, Roble, Laurel, Guapinol y madero.	

según WEIDEMA, (39) se nota que también cada año las fuentes de materia prima son menos accesibles hasta el punto de que algunas empresas, como la Plywood de Nicaragua y Muebles Modernos, tienen incertidumbre en cuanto a sus fuentes futuras.

La Plywood, dice el mismo autor, estimaba que hay material solamente para cuatro años más.

La Fábrica de muebles, de hecho ya utilizaba trozas de caoba de sólo 15 de diámetro medio.

La estimación general hecha por los dueños de los aserríos más grandes, arroja un promedio de reserva de materia prima para cinco a diez años más ocasionalmente quince a veinte años a lo sumo (39).

VII.- Delimitación de la planicie.

se llamará planicie a toda el área comprendida dentro de los límites trazados, (Ver hoja No. 1 del anexo) excluyendo la cuenca de recepción.

Forma parte de la cuenca hidrográfica por dos razones:

Porque, a pesar de que el agua que escurre por su superficie no llega "aún" al torrente, sino en muy escasa cantidad, correspondiente a las áreas vecinas al cauce, las ob-

servaciones del campo y las fotografías aéreas danía entender que las aguas procedentes de toda esa zona evacuarían en el torrente principal, si la cantidad de escorrentía fuese lo suficientemente grande.

-Porque toda esa zona presenta problemas comunes de erosión y de explotación. Esto está de acuerdo con lo que sugiere BLACKMORE (5) , quien indica que para estimular el desarrollo de los planes de mejoramiento de la comunidad, en relación a un aprovechamiento adecuado del suelo, se deben abarcar zonas correspondientes a diversas comunidades, aldeas o vecindarios que necesiten de mejoras afines.

Por otra parte, en una publicación de la FAO, al referirse a los límites de la citada región de desarrollo, se menciona que aquellos están determinados por los problemas que existen, por los objetivos del plan de ordenación y por el tiempo y la mano de obra de que se disponen para llevarlo a cabo (14).

se concluye, por tanto, que los límites de la cuenca de estudio son muy aceptables.

Si bien es cierto, que desde el punto de vista hidrográfico y en relación con el cauce principal, la región situada

fuera de la zona de recepción tiene poca importancia, no sucede así desde el punto de vista del escurrimiento del agua sobre esos suelos y de la erosión que ella puede causar, si no se toman las debidas precauciones.

VIII.- Valoración de los factores de escorrentía en la planicie.

Relieve.

En esta área , denominada planicie, se han adoptado dos valores para el relieve, según como éste coadyuve para el escurrimiento. Estos valores son:

- 10, para suelos donde no se observan cárcavas
- 20, para suelos donde se observan cárcavas.

Este es un criterio que puede orientar acerca de la pendiente real del terreno, en un estudio a base de datos bastante amplios.

Infiltración.

A fin de establecer una valoración para cada zona, que indique la secuencia que se debe seguir en la ordenación, de

acuerdo con la urgencia con la que ellos necesiten ser atendidos, se empleó la tabla para valorar los factores productores de escorrentía, adoptada por el Servicio de Conservación de suelos, zona III de los EE. UU.

En atención a la permeabilidad media de los suelos existentes en esta zona, se adoptó el valor 10, de acuerdo con la valoración de la mencionada tabla.

Recubrimiento

Para calificarla influencia que tienen los distintos tipos de vegetación existentes en la planicie, sobre la escorrentía, se adoptaron los siguientes valores:

- Arborea (A)= 5
- Banano (B-cuando se halla en forma predominante).....= 10
- Pasto (PN).....= 10
- Algodón (Al).....= 15
- MAÍZ o Sorgo (M S).....= 15

Acopio superficial.

A pesar de variar el relieve, se ha considerado el acopio superficial con el único valor de 15, porque aún en las zonas de relieve más ondulado, el terreno no contribuye a la escorrentía con tanta agua como los terrenos de la cuenca de recepción; de pendientes superiores al 30% a los cuales se les dió el valor de 20. Pero en cambio corresponde a un acopio superficial bajo; o sea a un sistema bien definido de pequeñas vías de drenaje, sin pantanos ni aguazales. (2 y 3).

C.- Volúmenes de escorrentía para los suelos de las planicie.

De acuerdo al método citado en la página 78 y con los datos enunciados en las páginas 78 - 76, se elaboró el siguiente cuadro:

Cuadro No. 21 - Volúmenes de agua que se escurren en un tiempo determinado para cada serie de suelo.

Tiempo en el cual hay un mayor volúmen para la escorrentía, después de iniciada la lluvia. (Volúmenes, en pulgadas por acre)

	Frecuencia: 8 años	Frecuencia: 4 años	Frecuencia: 2 años	Frecuencia: 1 año
	cm. 5.5-2.14" (7 768.1 pies ³)	cm. 3.5-1.26" (4. 726.8 pies)	cm. 1.7-0.66" (2.29 ⁵ .5 pies ³)	cm. 0.2-0.07" 254.10 pies ³
pulas	30 min.	20 min.	20 mi.	12 mi
de	3.8-1.48" (5.272.4 pies ³)	2.4-0.93" (3.376.90 pies ³)	0.7-0.27" (980.1 pies ³)	10
io.	20 "	10 "	10 "	
a	3.8-1.48" (5.2 2.4 pies)	2.4-0.93" (3.276.90 pies ³ .)	0.4-0.15" (544.5. pies ³)	10 "
le	25 "	10 "	10 "	
	2.5-0.97" (3.521.1 pies ³)	1.8-0.73" (2.649.9 pies ³)	0.2-0.07" (254.10 pies ³)	7 "

difras entre paréntesis son los volúmenes equivalentes a las láminas de agua;

emplo, una lámina de 214" pulgadas de agua sobre un acre, corresponde a un
en de 7.768.1 pies³.

Los volúmenes obtenidos indican la capacidad aproximada que deben tener los
nes en los diferentes suelos; en los lugares donde sean necesarios.

La vegetación y el tipo de explotación
en la planicie

En lo referente a la vegetación predominante en esta región, está determinada casi en su totalidad por los tipos de explotación existente en la zona, pues casi toda el área está ocupada con tierras cultivadas y en muy contados casos por pastos naturales, montes y bosques. La prueba de esta aseveración se tiene en el siguiente cuadro, en el cual se ve que el 20.4% del área total está constituido por tierras con vegetación natural.

Cuadro No.21.- Aspecto general de la forma de tenencia y del uso de la tierra en la planicie.

	Extensión en manzanas	Porcentaje de la extensión total
superficie total del área		100.00 %
Superficie total de tierras bajo título de propiedad		65.40 %
Superficie total de tierra bajo otras formas de tenen- cia.		34.60 %

USO DE LA TIERRA

Tierras en descanso	Porcentaje de la extensión total
Tierras en descanso	2.40%
Àrea con pastos sembrados	10.70%
Area con pastos naturales	17.00%
Area con montes y bosques	1.00%
Areas con cultivos anuales:	
Maiz de primera	14.07%
Maiz de postrera	9.7 %
Frijol de primera	4.7 %
Frijol de postrera	4.0 %
Sorgo de primera	0.63%
Sorgo de postrera	0.1 %
Arroz	4.20%
Algodòn	5.70%
Yucal	7.40%
Tomate	0.36%
Cebolla	
Hortalizas	0.4 %

1.- En una sòla explotación se hallaba toda el àrea ocupada con yuca. La suma de estos porcentajes es 93,4%. El 6,6% restante està ocupado por edificios.

USO DE LA TIERRA

Porcentaje de la extensión total

Area con cultivos perennes y semiperennes.

Café	0.22	
Cítricos	0.32	
		11.04 %
Piña	3.10	
Bananos, plátanos y guineos	7.40	

Característica sobresaliente es el hecho de que el maíz de primera ocupa el 14% de toda el área, pues es un porcentaje bastante grande para un solo cultivo, aparte de ocupar la mayor extensión en relación a los demás cultivos. se ve también; que el área sembrada con maíz de postrera aún excede con gran ventajas la ocupada por el banano, que (aparte de la yuca) es el cultivo que le sigue en extensión.

Además se puede apreciar que el área con cultivos anuales es mucho mayor que la ocupada por cultivos permanentes, si dentro de ellos no se incluye el área con pasto sembrado. Esto ya es un índice del tipo de explotaciones existentes en

la zona. El carácter de ellas se vislumbra un poco mejor cuando se nota que los cultivos que predominan son los destinados al consumo directo.

En conclusión, se puede decir que la mayoría de las explotaciones son de tamaño pequeño y muy posiblemente de las llamadas "fincas de subsistencia."

En esta región también es oportuno analizar el complejo: extensión, tenencia y uso de la tierra, que es un factor de mucha importancia para comprender el fenómeno erosivo de toda esta gran zona, pues los tres aspectos constituyen un todo, que es limitante de toda obra de conservación de suelos.

Extensión de las explotaciones.

La planicie comprende un total aproximado de 596 explotaciones agrícolas distribuidas de la siguiente manera:

Cuadro No. 2 .- Clasificación de las explotaciones según sus extensiones.

Extensión de las propiedades en manzanas	Porcentaje del número total.
500 a menos de 1.000 manzanas	0.50 %
200 a menos de 500 "	0.50 %
100 a menos de 100 "	1.50 %
50 a menos de 200 "	1.70 %
20 a menos de 50 "	5.20 %
10 a menos de 20 "	13.40 %
5 a menos de 10 "	24.2 %
1 a menos de 5 "	45.00 %
Menor de una manzana	8.00 %

Se observa que las explotaciones pequeñas (hasta 9.9 manzanas) constituyen el 77% del número total, y se puede añadir, que tal tipo de predios se hallan localizados preferentemente en las tierras contiguas a las carreteras que conducen de Managua a Masaya.

Formas de tenencia.

El total de explotaciones se dividió en tres grandes gru-

pos, según el carácter predominante de tenencia que se observa en cada una de ellas. Ver fig. 50

- El que comprende explotaciones o con solo tierra de propiedad del agricultor o tierras que en su totalidad son ajenos.

- El que contiene explotaciones de propiedad mixta, o sea, que una parte de cada una de ellas es de propiedad del productor; en tanto que la otra parte no lo es.

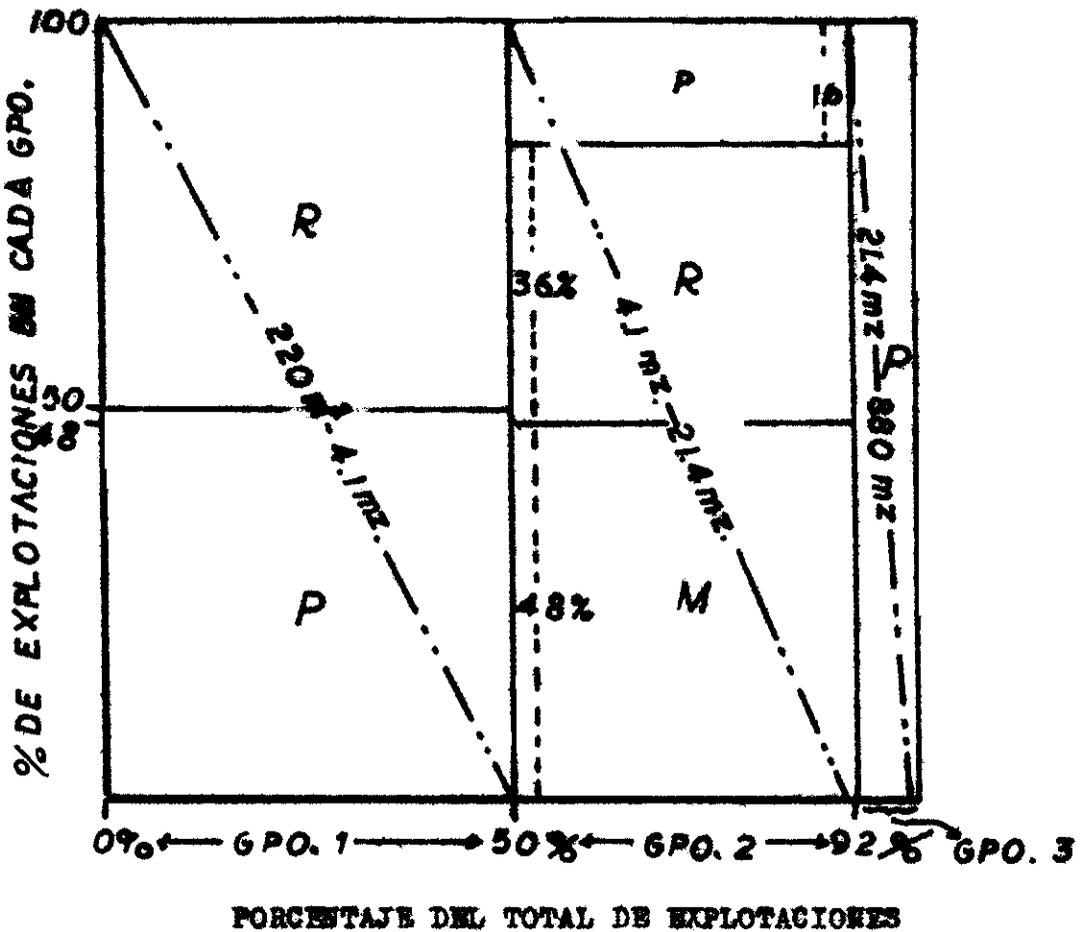
- El que comprende explotaciones con sólo tierra de propiedad del agricultor. Naturalmente que dentro de este grupo habrán explotaciones mixtas y alquiladas o ejidales en su totalidad; pero estas constituyen la minoría. Este último grupo constituye el 8 % del total.

Uso de la tierra.

En general, las tierras alquiladas y ejidales estarán sometidas años con año al laboreo continuo, pues se las dedica a cultivos anuales, mientras que las tierras propias son ocupadas con cultivos perennes que producen un efecto de mayor protección del suelo.

Posiblemente la **interacción** existente entre la extensión

fig. 50 clasificación de las explotaciones existente en su planicie segun sus extensión de la forma de tenencia de la tierra



- P- EXPLOTACIONES SOLO CON TIERRAS BAJO TITULO DE PROPIEDAD
- R- EXPLOTACIONES SOLO CON TIERRAS "NO PROPIAS "
- M- EXPLOTACIONES MIXTAS.



TENENCIA DE LA TIERRA DENTRO DE CADA EXPLOTACION MIXTA .

y la forma de tenencia, está disfrazada en el primer estrato, por el hecho de que los productores no dependen económicamente de la explotación de estas fincas, sino del salario ganado en las propiedades más grandes, y por ello, también se podría decir, que las explotaciones llamadas de sub-sistencia están predominantemente situadas en este estrato. (Fig.: 51 y 54)

En el segundo grupo, es posible ver claramente las diferencias en el tipo de uso de la tierra, que establecen los factores: forma de tenencia y extensión de la propiedad (Fig. 55 y 56).

Dentro de las explotaciones mixtas, en la generalidad de los casos, casi toda el área " no propia " lo ocupan con cultivos anuales, como es lógico suponer. Pero lo que interesa conocer es la proporción que guardan las tierras ajenas con las propias. En respuesta a esto último, se puede decir que la proporción de tierras ajenas es mayor que las propias en un 77% de los casos. Se llega a alquilar hasta 10 manzanas. (90% de la explotación).

En este segundo estrato ya aparecen las tierras que quedan con pasto natural, o que poseen pasto sembrado, y en muy pocas ocasiones, las que tienen tierras con montes y bosques.

La existencia de suelos con potreros naturales en estas explotaciones puede significar, que en tales suelos, los cultivos anuales dan rendimientos bajos.

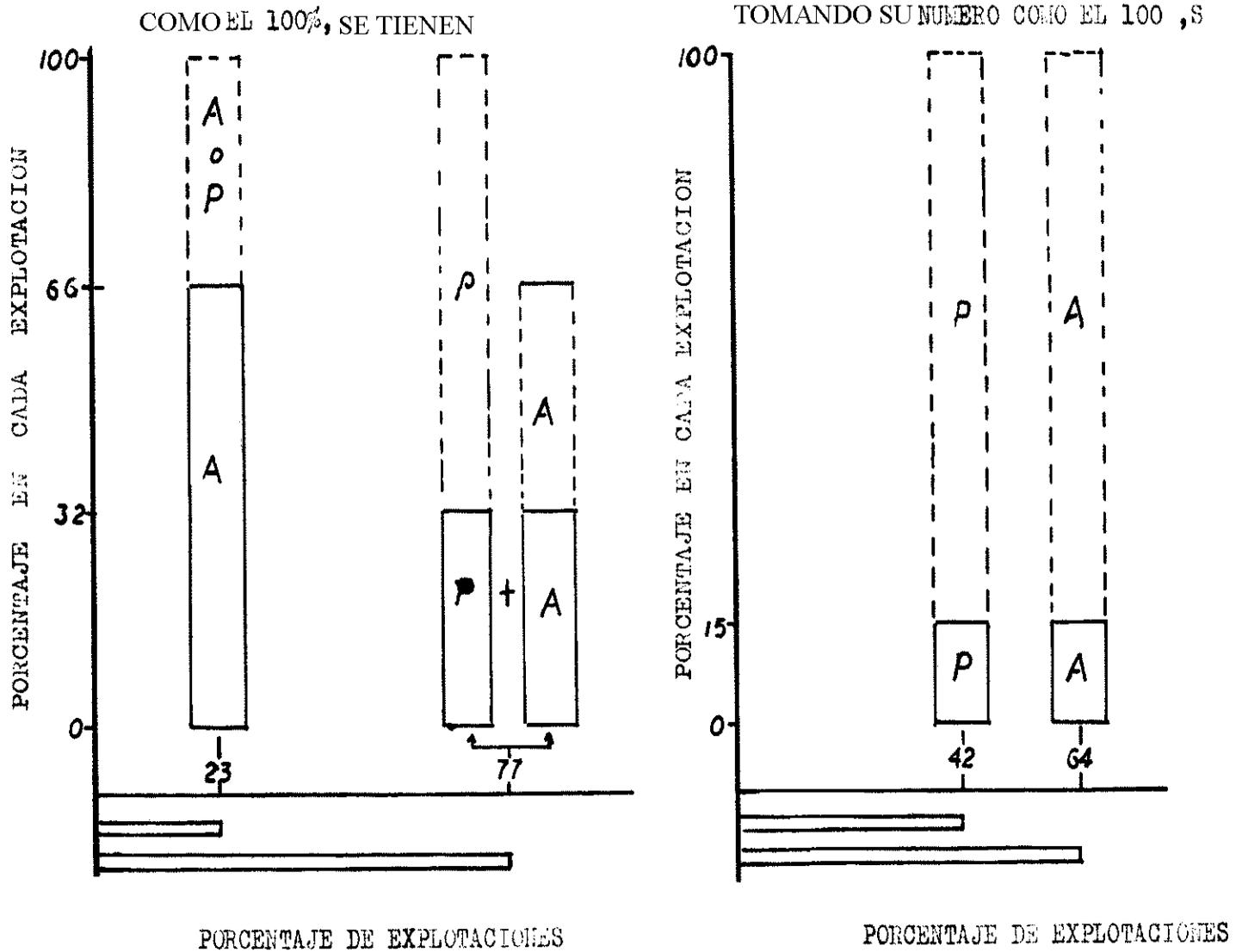
En el caso de las propiedades de subsistencia, como tan solo se requiere que rindan lo suficiente para abastecer el consumo interno de la finca, la arada y otras labores, serán efectuadas con un mínimo de precauciones. De ello se deduce, que el problema erosivo es grave y debe ser tomado en cuenta .

En cuanto al tercer gran estrato, que comprende propiedades con extensiones superiores a las 21 manzanas , su uso varía, y si se generalizaran sus características u otras propiedades, se podría establecer la gráficas No. 58.

En el segundo y tercer estrato los potreros naturales con constituyen desde el 15 al 70% de la superficie total de cada explotación.

Punto de mucha importancia, es el conocer que la mecanización ya empieza a figurar en explotaciones con una extensión de 9.9 manzanas. Ello puede ser un índice de la extensión económica mínima, promedio para las condiciones predominantes de la zona. O sea, sería un punto de partida en la indagación de la explotación mínima económica. El empleo de las

FIG. 51. USO DE LA TIERRA EN LAS EXPLORACIONES FIGNO 59. USO DE LA TIERRA EN LAS EXPLORACIONES SOLO TERRENOS PROPIOS, ROTANDO SU NUMEROTACIONES CON SOLO TERRENOS AJENOS



A= CULTIVOS ANUALES

P= CULTIVOS PERENNES

---] =PORCENTAJE DE FLUCTUACION
* * - - -]

DESCGLOSAMIENTO DETALLADO DEL USO DE LA TIERRA

En las explotaciones DE LOS ESTRATOS EN LA PLANICIE

fig 53. considerando al numero DE EXPLOTACIONES DEL GRUPO I, QUE TIENEN CULTIVOS ANUALES, COMO el 100%, SE TIENE:

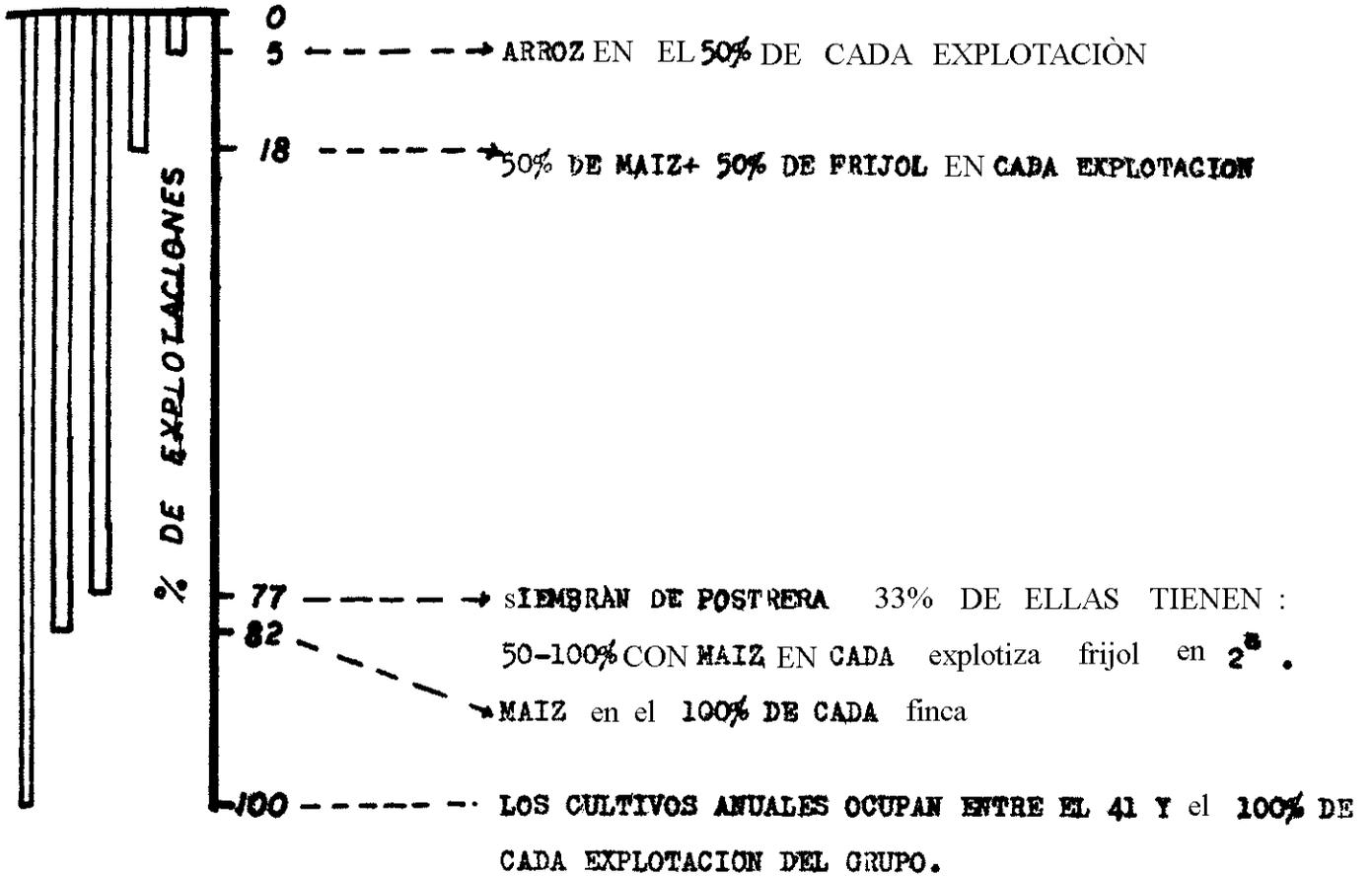


FIG. 54. CONSIDERANDO AL NUMERO DE EXPLOTACIONES DEL PRIMER GRUPO QUE TIENEN CULTIVOS perennnes? COMO EL 100%, SE TIENE:

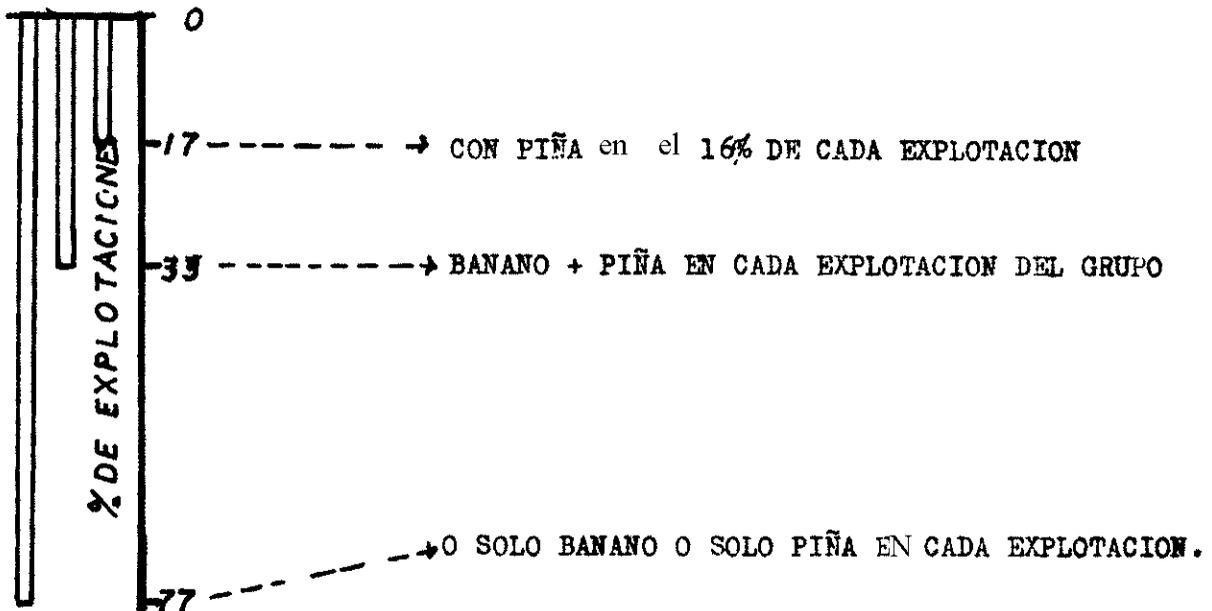
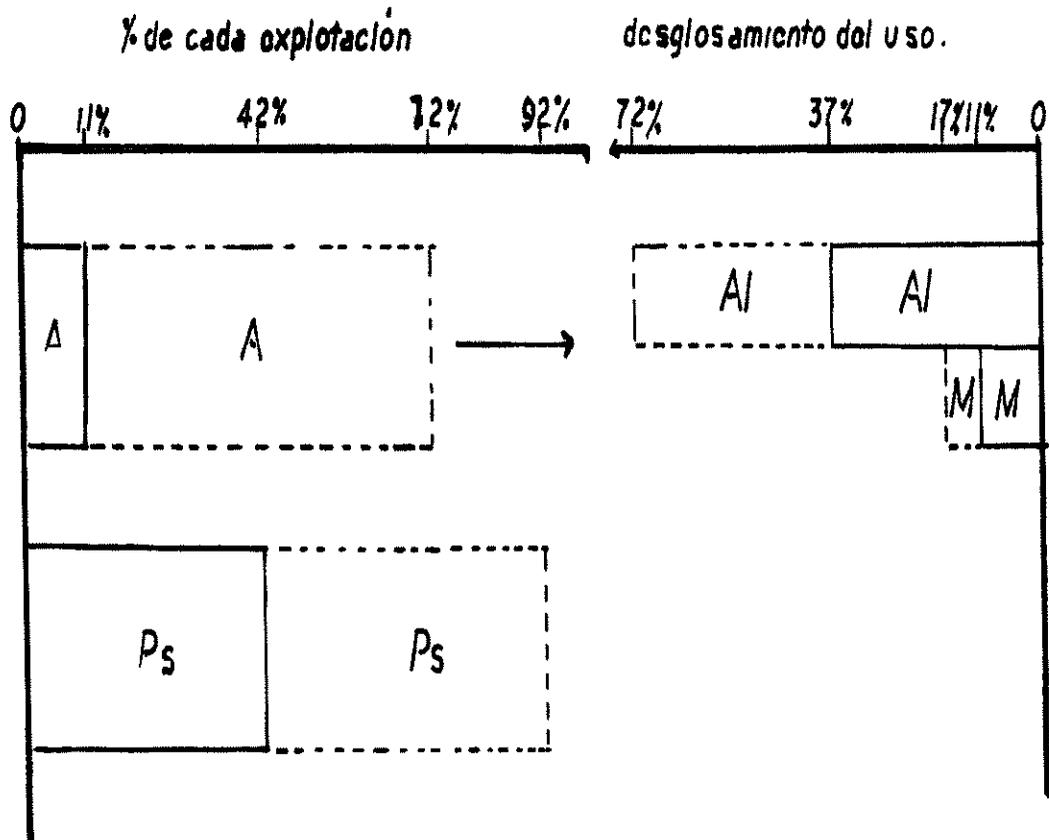


FIG 58. USO DE LA TIERRA

DE LA PLANICIE



A= CULETAS ANUALES

Al= ALGODON

Ps= PASTO SEMBRADO

M= MAIZ

--- PORSENTAJE DE FLUCTUACION

máquinas de labranza ya está establecido en propiedades de cuarenta manzanas y más.

En cuanto a las características de las seis explotaciones más grandes, estas se pueden observar fácilmente en el cuadro No. 12, pudiéndose generalizar para ellas lo que se expresa en la gráfica No. 58.

XI .- Aspectos de interés referentes al laboreo en la planicie.-

Rotación de cultivos.-

Se nota que hay un rudimento de rotación, al dedicar la misma porción del suelo que se sembró con maíz de primera, al cultivo de frijoles de postrera.

.-Trabajos de conservación de suelos.

A excepción de las explotaciones de regular tamaño, en los demás predios no se observaron ni siquiera rudimentos de ellos. En las explotaciones grandes, los trabajos consistieron en terrazas sobre pendientes del 4% y más. También se pudo observar un terreno sembrado con arroz y en línea de contorno.

.- Implementos más usados.

El arado de madera, que es el más común.

La banca, que consiste de un madero, de aproximadamente 1.50 m. de largo y sobre el cual va el operador de pie, a fin de que su peso ayude en la labor de nivelación del terreno, como se puede ver en la fotografía No. 59 .

Los arados de discos son usados en fincas con una extensión superior a las cuarenta manzanas y ocasionalmente en fincas de nueve y más manzanas.

Las rastras de dientes, sólo existen en las explotaciones con la extensión ya antes mencionada.

XIII .- Comparación de los datos de PATTEN con los obtenidos del Censo de 1963.-

El citado autor refiere que, de las 115 fincas por él visitadas en la región de Managua, aún en las de tipo algodnero, que eran las que exhibían el mayor porcentaje de tierras cultivadas, éstas sólo alcanzaban el 58%. En tanto que en las cifras del censo de 1963 se dió a conocer que la mayor parte de las propiedades de hasta 3.4 manzanas, están cultivadas en

un 98% y que en las propiedades mayores de la extensión citada, el área cultivada variaba entre el 41% y el 85%. Esta diferencia puede deberse a dos motivos:

- a que los datos deducidos de las cifras del Censo, o los tomados por PATTEN, no sean representativos por haberse tomado una muestra muy pequeña, o
- a que en el transcurso de nueve años, la agricultura se intensificó al nivel de explotación.

En cuanto a las superficies dedicadas a pasto, los datos coinciden bastante, pues PATTEN (30) dice que cerca del 35% del área de las fincas dedicadas a grano, estaban ocupadas con potrero y según los datos obtenidos del Censo, se concluye que en la mayoría de las propiedades con una extensión superior a 3.4 manzanas, los potreros ocupaban un porcentaje entre el 20 y el 50%. Es muy aceptable lo que afirma PATTEN en su trabajo, sobre el hecho de que más del 60% del pasto en cada finca es de baja calidad.

Un dato muy interesante anota el citado autor, al decir que la práctica general, es la de empastar las tierras con pendientes del 3%, y que las tierras con menor desnivel son dedi-



Fig. 57.- Aspecto del suelo despues de haber pasado la banca .



Fig. 58.- Aspecto de una colina desnuda de vegetación.

cadas al cultivo. Tal práctica parece haber desaparecido, por lo cual hay la creencia de que el cultivo se ha intensificado en cada propiedad. Este es un dato muy importante, porque indica que la estabilidad de los suelos está ahora en mayor peligro que nunca, por cuanto la necesidad de mayores ingresos lleva a cultivar las tierras inapropiadas para tal empleo.

El criterio anterior sobre la intensificación de la agricultura a nivel de finca, se confirma más aún, si se atiende a los que PATTEN anota, afirmando que las zonas arboladas ocupaban el segundo lugar de importancia (28%) entre los tipos de uso de la tierra, y que solamente el 0.5% de las zonas con bosques estaba en terrenos de pendientes mayores del 8%, mientras que lo restante crecía en tierras de menor pendiente. Incluso en las fincas aldoneras, el 36.7% permanecía con bosques, estando el 80% de ellos localizados sobre tierras con pendientes mayores del 8%.

El mencionado autor advierte, que las talas de los árboles en esas zonas, aumentaría el efecto erosivo.

Actualmente, son muy escasas estas zonas. En efecto, según el cuadro No. 21, las florestas ocupan tan sólo el 1% de la superficie total de la planicie.

Esta situación, además, es un reflejo del fraccionamiento excesivo de las tierras que no permite dedicar los terrenos a la explotación maderera.

En cuanto a métodos de labores, parece que no han variado mucho, pues si PATTEN encontró que en 1954, las labores eran manuales principalmente, hoy el maíz y los frijoles son cultivados de la misma forma.

En lo que se refiere a frutales, la situación era la misma después de nueve años (1954 año en el que PATTEN hizo su reporte, hasta el Censo de 1963); esto es: que el banano y el plátano eran los que ocupaban las áreas más grandes entre los frutales; y que en las fincas donde existía tal tipo de cultivo, el área que no era ocupada con frutales estaba en descanso o con maíz criollo. Respecto a este último, según los datos del Censo de 1963, el maíz era el principal acompañante del plátano y del banano.

La distribución de los frutales en el área también ha permanecido igual, pues la mayor parte de las explotaciones comerciales de piña están localizadas en las comarcas de Esquipulas y la Cuatro Esquinas de Ticuantepe, donde la pendiente es menor del 5%; en tanto que el banano se localiza en terrenos con pendientes que varían entre el 1% y el 20%.

E.- RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.

De todo los objetivos hacia los cuales se podría dirigir la ordenación de la cuenca hidrográfica de Ticuantepe; cualquier otro que no persiga, con el carácter de prioridad, el buen manejo del agua y del suelo, debe ser postergado.

Los aspectos que hay que tomar en cuenta, al considerar a esta gran zona como una cuenca hidrográfica, son los siguientes.

-El factor principal a estudiar y regular es el agua y su ciclo y dentro de este último, reviste gran importancia el conocimiento de las lluvias más intensas que pueden producir escorrentías.

- Para la ordenación, se debe tomar en cuenta a toda la cuenca y no a una parte aislada de ella.

El hecho de que algunos propietarios de las tierras situadas en la cabecera de la cuenca, como por ejemplo en el sector aldaño a Casa Colorada, donde las pendientes son sumamente pronunciadas, eliminan los árboles de sus terrenos para que unos pocos animales, dedicados al transporte de los productos, pasten en ellos. afectará

grandemente a los pobladores de Veracruz o sabana Grande que se hallan a veinte o veintidos kilómetros de distancia, pues los potreros establecidos en esas zonas altas, a más de no rendir ningún beneficio justificable al dueño de la propiedad, no ayudarán a la retención del agua que corre hacia los afluentes del cauce principal, y luego por este último con tanta fuerza que a la altura de los dos poblados mencionados, ocasiona muchos daños, aunque al llegar a ellos disminuya su caudal.

Todos los trabajos y recomendaciones para cada una de las partes de dicha hoya deben estar encaminados a un fin único y común, que en este caso es la disminución del caudal de escorrentía.

I.- Conclusiones sobre el torrente.

La formación del torrente en el caso presente, se debió en gran parte, a la naturaleza blanda y poco resistente a la disgregación, de los materiales de origen volcánico. Esto es en lo que se refiere a la cuenca de recepción.

Comparando lo anotado sobre los torrentes con las carac-

terísticas del cauce estudiado, se deduce lo siguiente:

Clasificación.

Al torrente de Ticuantepe se le puede clasificar desde el punto de vista del estudio de la corrección, entre los que THIERY llama " torrentes de erosión". Pero si se deseara averiguar los pasos que hay que seguir para su corrección, sería recomendable indagar sobre los trabajos efectuados en los torrentes españoles de tipo rambla.

La cuenca de recepción.

Pertenece al cuarto tipo, pues el tramo del cauce que se extiende sobre la llanura lleva toda el agua procedente de los varios afluentes que nacen casi en la línea divisoria de aguas.

Esta región abarca una área de 80,66 Km², que corresponde a toda el área de drenaje de carácter montañoso.

La garganta.

Comienza a un kilómetro al Oeste de Ticuantepe, que como se había anotado anteriormente, corresponde al punto donde de-

sembocan las aguas del último afluente de importancia.

Es muy difícil de precisar hasta donde se extiende la garganta, pues caben dos posibilidades :

Una posibilidad es que la garganta termine a la altura de San José del Llano, (858305 de la hoja topográfica Las Mercedes), ya que a partir de este punto se aprecian aterramientos a lado y lado del cauce; estos hacen suponer que son formados con el material depositado primeramente por el torrente y luego empujado hacia los lados por aquel, obedeciendo a los pasos de formación del lecho de deyección de la 1a. y 2a. fase, según se explicó. En este caso, la descripción de la garganta también encaja con la que se da al referirse a la sección respectiva de los torrentes de tipo rambla. Se refiere a que las

gargantas son anchas y bien pueden quedar reducidas a un punto, o también pueden alcanzar varios kilómetros de longitud.

La segunda posibilidad es que dicha garganta termine a 15 kilómetros al norte del puente situado en el kilómetro catorce de la Carretera a Masaya (877337 de la hoja topográfica "Las Mercedes",) pues en este punto las paredes del cauce son menos altas que en el resto del torrente y la pen-

diente es ligeramente menor a partir de aquí hacia el Norte, como puede apreciarse en la carta topográfica.

En resumen, la garganta puede variar entre 5 km. y 12 km. Pero lo que realmente interesa atender es el transporte y deposición de materiales en el cauce. Lo primero es el objeto de muchos trabajos de corrección en las gargantas de los torrentes.

- El lecho de deyección .

El lecho de deyección se halla en la segunda fase de formación. Como la llanura tiene una pendiente ligeramente inferior (entre 1,4% y 1,2%) a la de compensación (1,6%), la pirámide de la segunda fase se alargará.

También puede suceder que los materiales se vayan acumulando sobre el lecho del cauce, pues no hay una corriente permanente que los transporte. Llegará un momento en el cual, el lecho del cauce se eleve tanto por la continua acumulación de materiales, que el agua se desbordará hacia los lados de dicho cauce: comenzando la formación de la tercera fase. Esto hay que toma muy en cuenta en la corrección del torrente a corto o largo plazo.

II Recomendaciones para la corrección de la garganta del torrente.-

Al mismo tiempo que se procede a aplicar las medidas correctivas que a continuación se detallarán, se debe emprender en la corrección de la cuenca de recepción. Las medidas recomendadas en esta tesis para el último fin se indicarán en las páginas posteriores.

Los diques que se necesitarán construir, para determinar la erosión en la garganta y la sedimentación en el lecho de deyección, serían muy probablemente de retención. Estos deberán estar localizados en los siguientes lugares: uno a 2km. al noroeste de Ticuantepe y otro a 1,5 km. del anterior. Es posible que el primero de ellos tenga una altura de 1.7 m., si se le considera con un aterramiento de 100 m. de longitud.

$$H = L (J -)$$

H= altura del dique.

L= 100 m.= largo del aterramiento.

J= 3.2%= pendiente promedio del cauce (estimado)

= 1.5% pendiente de compensación.

$$H = 100 (0.032 - 0.015) = 1,7 \text{ m.}$$

El segundo dique tendrá una altura aproximada de 6.8 m., pues su emplazamiento sería muy adecuado a 400 m. de una formación actual, que actúa como dique natural.

$$H= 400 (0,032 - 0.015)= 6,8 \text{ m.}$$

Los resultados que se establecen en el capítulo correspondiente respecto a la garganta, pueden servir para determinar las especificaciones que deben tener los diques, sin tener que acudir a aforos, que en este caso son casi imposibles de llevar a efecto, por lo esporádico de las ocasiones en las cuales corre el agua por el cauce.

Hay que aclarar que los cálculos hechos necesitan ser exhaustivos; o sea que se necesitará tomar una muestra de acarreo más grande y hacer un mayor número de mediciones de la pendiente de compensación. Sin embargo, aquellos han servido para dar una idea de la gravedad de la situación, sobre la base de las medidas de corrección.

III Conclusiones respecto a la vegetación de toda la cuenca hidrográfica.

De las comparaciones entre lo observado en las fotogra-

fias aéreas tomadas en los años 1960 y 1961, con lo que había en el terreno al momento de las visitas a esos lugares en 1964, se puede concluir:

- Que aquellos agricultores que se han decidido a efectuar un cambio en el tipo de cultivo, han escogido el algodón o la piña para ello.
- Que el algodón es aún en las partes con un declive mayor del 5%, el preferido para reemplazar a cualquier otro cultivo.

IV Recomendaciones para la corrección de la cuenca de recepción.

Hay un grave problema por resolver en esta zona. Se trata de dar un adecuado balance a dos alternativas; una gran producción de café a costa de la fertilidad del suelo, o una buena protección de este último mediante una capa protectora eficaz. En este caso, la protección del suelo es lo primero y por tanto es imperativo que se provea al suelo de una excelente cubierta forestal.

.- Corrección de los cafetales.

Luego de un estudio hecho por el Departamento de Suelos en la finca Santa Rita, se reconoció que la producción era regular e incluso buena y por ello, en el caso de que en esa zona se siga cultivando el café, es necesario modificar algunos aspectos que se refieren a su cultivo:

- . Proveer a los suelos de una buena cubierta protectora.
- . Instar para que todos los agricultores fertilicen sus plantíos de café luego de haber hecho los análisis de suelos correspondientes.
- . Regular la localización de las plantas de café con respecto a su sombrío visual, procurando mantener la distancia necesaria entre las plantas. Para tal objeto se hace necesario seguir algún sistema de trazado y siembra, como los aconsejados en Puerto Rico, especialmente el denominado "en tresbolillo" .
- . Como se trata de plantaciones en donde se aprovecha la sombra permanente natural, se procurará acomodar este sistema al sombrío ya establecido.

- . Las terrazas, cualquiera que sea su tipo, y las plantas, deberán disponerse siguiendo las líneas de contorno.
- . Sería oportuno hacer una renovación de cafetales, pues gran parte de ellos son muy viejos y en edad casi improductiva. Además, con esto se lograría un mayor densidad en la población, que vendría a proporcionar unamejor cubierta protectora para el suelo. También se aprovecharía tal momento para llevar a cabo los trabajos de conservación necesarios.
- . Entre los sistemas de renovación que se usarían, se tienen:
 - . La destrucción de surco de por medio, en años y numeración alternados.
 - . La destrucción anual, de surcos con numeración alterna.
 - . Naturalmente que la resiembra se hará si conjuntamente con ella se efectúa una buena fertilización y se proporciona una buena cubierta protectora.

Un método muy eficaz de conservación de suelos en un terreno de hasta 50% de pendiente y destinado al cultivo del café, es el establecimiento de terrazas individuales. (fig. 47) Pero este procedimiento es imposible de realizarlo en plantíos viejos, puesto que ocasionaría la pérdida de una gran parte de las raíces absorbentes del arbusto que, como bien se conoce, son superficiales. SUAREZ DE CASTRO (35) comprobó que en el caso de cafetos en terrenos con pendientes del 20 al 45%, al construir terrazas individuales, se destruyen el 35 y 31 40% respectivamente de las raicillas absorbentes.

.- Corrección de los potreros.

Ante el papel que desempeñan los potreros en esta zona y que fué descrita detalladamente en la página , lo recomendable es la repoblación arborea de esos potreros, conjuntamente con la adopción de un sistema de pastoreo en una superficie más reducida, pero la suficientemente grande para mantener una buena rotación de potreros. Además ,tales áreas dedicadas al pastoreo deberán estar localizadas en pendientes me-

nores del 30%.

.- Plan de repoblación

En la hoja No. 2 del anexo se hallan demarcadas las zonas con los diferentes valores, que califican su rendimiento hidrológico.

El orden en el que hay que proceder para llevar a cabo la repoblación, depende de la urgencia con la cual los suelos necesiten el establecimiento de la capa forestal. Tal orden es el siguiente:

- Bajo el valor de 90, zonas con la designación :

D

PNb. o PNalt

PNb. Av. E.

PNalt Av. E.

Repoblación urgente. (17.855 Km²)

PNb. Ar. E.

PNalt Ar. E.

Ar. E. Av. E.

Ar. E.

- Bajo los valores: 80 y 75, zonas con las designaciones:

M S en pendientes del 30%. - Repoblación urgente

PN.b. en pendientes del 30%. - Repoblación urgente

(54,29 Km²)

PNalt. Av.M.

Ar.M Av.D Ordenación forestal

La protección del suelo, en este caso, se puede lograr con una asociación cualquiera de especies forestales, pero la necesidad de lograr un beneficio adicional al primero, impone ciertas condiciones que llevan a determinar:

- . El número de especies a emplear en la repoblación.
- . Las especies adecuadas.
- . El plan que hay que seguir para efectuar la repoblación.

Los puntos anteriores están regidos por los siguientes factores:

- . Mercado.
- . Ecología
- . Tipo de tenencia de la tierra.

- . Extensión de las propiedades.
 - . Aceptación de los agricultores.
 - . Plan de explotación.
- .- Fines del plan de repoblación.- El plan de repoblación en esta zona debe tender hacia los siguientes fines:

- . Proporcionar suficiente protección a las zonas que la necesitan de manera urgente.

- . Proveer de madera suficiente para el mercado en potencia en un plazo máximo de veinte años (39). Por tal motivo se necesitan especies de rápido crecimiento.

Debido a que en la iniciación de la industria maderera, no se suele distinguir mucho sobre la calidad por parte de los clientes del mercado local de madera aserrada (39), las especies por sembrarse inicialmente, o sea inmediatamente, no tienen que ser necesariamente de óptima calidad. Por tanto, la repoblación se puede iniciar con especies autóctonas que adquieran un buen valor comercial a los veinte años; por ejemplo, el guanacaste. También pueden emplearse especies

introducidas en las que se esté bastante seguro de obtener un aceptable rendimiento en el plazo citado, como en el caso de la teca. La exigencia de esta especie de un suelo bien drenado, la hace apropiada para ser plantada en las laderas; además, existe el antecedente de haberse obtenido buenos resultados en una parcela pequeña situada en El Recreo (10 m³ por año y por hectárea (39)).

Es preciso poner término al raleo de árboles de buenas características que se hallan como sombra en los cafetales, o sean: guanacaste, genízaro, cedro y madero negro, justamente cuando se trata de "perder" madera de mayor valor que unos cuantos granos de café, sobre todo ahora que hay la tendencia a reducir el sombrío. Para ello es necesario explicar a los agricultores, la ventaja que a la larga se obtendría de un adecuado aprovechamiento de los bosques situados en los lugares de gran pendiente, en donde hoy se hallan los cafetales viejos.

-.Las zonas desnudas y de escasa vegetación arbórea y arbustiva se pueden repoblar con teca.

-.El reemplazo de cafetales mediante una adecuada reforestación, en las zonas más afectadas por la erosión, debe ser inmediato.

-.Es importante comenzar la recolección de semillas o partes vegetativas, para emprender la siembra o plantación. El primer año se necesitaría repoblar 17,86 Km².

-.Se pueden hacer ensayos para la introducción de otras especies, de mejor calidad que las de la primera siembra, en el lapso en el que éstas están desarrollándose, para luego reemplazar unas por otras en una forma gradual pues, para ese entonces, la apreciación de la calidad de la madera ya empezará a tomarse en cuenta.

-.Hay que buscar una forma para que las especies foráneas y de mayor valor reemplacen fácilmente a las especies antiguas, de menor valor.

-. La estación en la que debe hacerse la siembra es muy importante, porque sólo puede haber éxito cuando el suelo es muy húmedo y hay las suficientes oportunidades de que la semilla encuentre bastante humedad en el período de germina-

ción. Por ello, las siembras deben ser hechas con bastante antelación a la época de sequía y permitir la previa formación de su sistema radicular.

.- Número de especies a usar en la repoblación. La asociación debe comprender el menor número de especies posible para lograr una explotación eficiente; pero aquellas deben estar de acuerdo con la necesidad del mercado, con la ecología del lugar y con el tipo de suelo.

Como se necesita madera para Plywood o para aserrar, las únicas especies útiles, entre las que se usan como sombrío de los cafetales y entre las que están situadas fuera de estos plantíos, serían:

- . Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*)
- . Madero Negro (*Gliricidia sepium*)
- . Genízaro (*Pithecollobium saman*)

Además, se podría ensayar con:

- . Teca (*Pectona grandis*)
- . Cedro (*Cedrela odorata*)

.- Orden de la repoblación.- La repoblación forestal en las zonas de valor 90 (ver hoja 2 del anexo) y sin cubierta de ninguna clase o con pasto, sea éste de buen desarrollo o no, pero en pendientes mayores de 30%, deberá realizarse primero. Luego puede procederse igual con los demás grupos clasificados con el mismo valor de 90.

En estas zonas, el objeto primero de la repoblación es la protección del suelo por lo cual hay que dar preferencia a las especies autóctonas que aseguren una buena cubierta vegetal en corto tiempo. Como aspecto secundario deben tener algún valor económico. Entre las especies con estas características se tienen las siguientes:

- . Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*)
- . Genizaro (*Pithecollobium saman*)
- . Madero negro (*Gliricidia sepium*)

Tanto el guanacaste como el madero negro son de rápido desarrollo; ello los hace más aceptables para ser empleados en la repoblación de tales zonas desnudas.

Se hace necesaria la recolección de semillas que deben provenir de plantas sanas y de buen aspecto. Al mismo tiempo, hay que poner atención en la creación de viveros, que

pueden estar localizados en las distintas propiedades, pues como se observará, las zonas desnudas y aquellas con pastos se encuentran comunmente en las propiedades con extensiones mayores de 20, 3 manzanas. Los viveros son necesarios, por cuanto el guanacaste como el madero negro y aún el genízaro se propagan mejor por estacas.

Otras especies que podrian rendir bien son:

- Teca (*Tectona grandis*)
- Cedro real (*Cedrela odorata*)

que son también de rápido crecimiento. Con el cedro hay la ventaja de que se puede obtener bastante semilla, y además es bastante resistente al manipuleo. La teca, a su vez ya ha sido ensayada en el país.

El sistema de repoblación más adecuado parece ser la formación de masas mixtas con cuatro de las especies antes mencionadas. Entre ellas hay que dar preferencia: al guanacaste, al madero negro y al genízaro.

Tales especies, según se aprecia en el cuadro No. 22 son: o algo exigentes de luz o heliófilas; por ello se recomien-

daria la distribución de las especies en cuadros o en manchas de forma irregular.

Las hileras de árboles siempre deben seguir las líneas en contorno.

En el cuadro No. 22 la posibilidad de regeneración se ha calificado como "muy poca" para el caso de genizaro y el guacaste, aún tratándose de los lugares calificados como poseedores de vegetación arbórea densa, debido a que tales especies están muy diseminadas y muy pocas tienen un aspecto lo suficientemente bueno como para considerarlas como árboles progenitores.

- tamaño y edad del
- material vegetativo
- podas
- limpias o raleos.
- protección contra el ganado.

.- Un aspecto importante de considerar en las zonas donde la protección no aparece imperiosa, es el límite de crecimiento, que determina la rotación económica de acuerdo con los usos de los productos que se obtendrán del bosque y que permite calcular las "posibilidades" o los cortes calculados". Si las plantaciones se planean con vistas a una determinada cantidad de producción, será posible establecer el tamaño o extensión de las plantaciones necesarias. (38) Por este motivo, es imprescindible un estudio detallado de la demanda de los productos por parte de las industrias madereras; pues de tal factor dependerá el tamaño mínimo de los cuadros o parcelas con cada especie. En el cuadro No. 22 aparecen los diámetros alcanzados por las diferentes especies en distintas épocas y las distancias a las que se deben plantar.

Ordenación forestal

Siguiendo el orden en la urgencia de la repoblación, hay que detenerse en el ordenamiento de los bosques que sirven de sombra a los cafetales situados en pendientes mayores del 45% y bajo las denominaciones:

Ar. M. Av. M.

Ar.M. sobre cafetales

Ar.M. Ar.D.;

De esta manera se da un margen de seguridad a la efectividad de los medios de conservación de suelos, ya que estos cafetales deben ser reemplazadas más rápidamente que otros, por una explotación forestal.

Para los bosques que van a ser sometido a ordenación, ya se podría pensar en el factor calidad, y por ello sería muy adecuada la experimentación de especies de buena calidad que pueden ser foráneas.

.- Aspecto de política y administración.- Los problemas administrativa de todas las propiedades que se hallan dentro de los límites de la cuenca, deben ser considerados y tratados

por una sola agencia forestal que se encargaría de la dirección o supervisión de la ordenación.

.- Pertenencia o propiedad.- Todos los rodales en cuestión estarían situados en propiedades particulares.

.- Las servidumbres. Es preciso analizar las costumbres, usos y derechos de los usuarios respecto a los rodales, a fin de suprimir todos aquellos factores que impidan el buen éxito de la ordenación.

.- Leyes.- En cuanto a las leyes que pueden ayudar en este trabajo, ORTEGA (29) hace notar que ellas sufren de muchos defectos por su antigüedad y alejamiento de la realidad en cuanto a los objetivos del rendimiento, o por su impresión y la falta de autoridad que las harían efectivas.

.- Inventario.- Este paso exige conocer sobre los rodales existentes, los puntos siguientes:

- Calidad de rodal
- Espesura
- Densidad
- Area basal

- Altura media
- Crecimiento
- volumen

.- Ordenación propiamente dicha.- Para ello se puede considerar como un "cuartel" a la extensión sometida a ordenación, en cada propiedad , en razón de que cada una de ellos presentará un caso particular y porque necesitará también un tratamiento adecuado de acuerdo con las especies que lo compongan.

La meta es la obtención de una renta continua dentro de cada "unidad desocrática ".

Será necesario establecer el tamaño mínimo de los cuarteles, pues en caso de que en una propiedad , la superficie con pendiente mayor de 45% fuera menor que tal tamaño, a ella se le sumarán los terrenos con menor pendiente, hasta completar el mínimo requerido.

Punto importante también, es la determinación del "turno de corte" que debe considerarse. Este aspecto está supeditado estrictamente a la protección del suelo en las regiones con pendientes mayores de 45%.

Pero en las zonas donde la protección no sea tan urgente el turno de corte puede ser una combinación del "turno físico

o natural" y del "turno tecnológico".

El "turno físico o natural" considera que, un árbol o un rodal es naturalmente cortable desde que es apto para reproducirse hasta que deja de serlo.

El "turno tecnológico", en cambio, se orienta a la obtención de determinadas clases o formas de productos. Por tanto, la edad de corte se establece a partir de los diámetros que convengan como óptimos para la industria (38).

La combinación de turnos implicaría la división de los cuarteles en dos partes: la una, destinada a mantener la protección del suelo mediante la permanencia de individuos que también aseguren la reproducción y la otra, destinada a satisfacer las demandas del mercado. Esto lleva a la necesidad de aumentar la superficie del cuartel.

Hay que considerar además, la expresión de la capacidad rentable del cuartel dentro de las características elegidas (38). Para los fines perseguidos en el presente trabajo (1o. protección del suelo y 2o., rendimiento), tal cualidad puede expresarse en términos de cabida de pies en el cuartel y tener el carácter de intermitente.

Como último punto está el "método de beneficio" que se

debe seguir, el cual incluye para el caso presente, el plan de corte y al plan de mejoras, en el cual se especifican, no solo la localización, cuantía y especie, sino también los ingresos y los gastos (39). La marcha de estos planes se verificarán con inventarios cada diez años.

.- Medidas para favorecer la
reoblación y la ordenación .

Ya se han enumerado los obstáculos con los que puede tropezar un plan de repoblación u ordenación en toda la cuenca colectora y en especial en la zona cafetalera , y por ello, hay que adoptar medidas que salven tales trabas. Entre otras soluciones se tendrían las siguientes :

.- Orientación del Departamento Forestal, a atender de manera primordial, la repoblación y ordenación de los terrenos afectados por la erosión.

.- Establecimiento de una especie de "banco de semilla", que puede quedar a cargo de los mismos agricultores, como un trabajo social, sin remuneración al comienzo, pero bajo la supervisión de un técnico forestal. Tal banco tendría la función de recolectar las semillas que reúnan los requisitos in-

dispensables, someterlas a pruebas de germinación, tratamientos, etc., e incluso llegar a distribuir entre todos los agricultores, las plantitas o las estacas. Así se procedería preferentemente durante la primera fase de la repoblación.

.- La repoblación se empezará por los terrenos del estado y los ejidales.

.- Aumento del salario de los trabajadores a fin de que no se vean forzados a obtener sus ingresos de los cultivos anuales.

.- Rigurosa aplicación de castigos a aquellos propietarios de explotaciones situadas en la cuenca de recepción, que tengan terrenos con pendientes mayores del 30% y dedicados a pastos, sean estos, sembrados o naturales .

.- Dar facilidades crediticias, para que los dueños de propiedades con extensiones superiores a 31 manzanas¹, puedan

1.- Esta extensión se basa en lo observado en el cuadro No. 9, según el cual, las explotaciones con extensiones superiores a 31 manzanas presentan terrenos con potreros, montes y bosques, lo cual puede indicar la existencia de una agricultura de tipo extensivo, ideal para reemplazarla por un bosque.

adquirir las propiedades de menor extensión que se hallen en su vecindad preferentemente, a fin de que las dediquen a la explotación forestal.

.- Lograr que el Estado estimule el fomento de las zonas boscosas ordenadas y el de las industrias madereras, capaces de absorber toda la materia prima que se saque de la cuenca.

.- Luego de algún tiempo se podrá crear un centro experimental forestal, donde se ensayen otras variedades exóticas.

.- En la cuenca de recepción, también hay que atender a otro problema constituido por la existencia de las pequeñas propiedades sobre las áreas más planas de aquella, pero que, en gran parte están constituidas por suelos de la serie Coluviales de Montaña, que se caracterizan por su susceptibilidad a la erosión. Debido a esto, el Departamento de Suelos los cataloga entre las clases agrológicas : Ves, VIe, VIIe y VIIIes. Esto quiere decir que estos suelos pueden ser usados con cultivos permanentes en el menos grave de los casos. En efecto, así lo dicen los reconocimientos de suelos hechos por el Instituto Agrario en la Colonia " La Borgoña", localizada en la Jurisdicción de Ticuantepe, y los efectuados por el De-

partamento de Suelos en una finca situada a siete kilómetros al Suroeste de aquella población.

Sin embargo, la existencia de pequeñas propiedades hace que tales suelos sean ocupados con cultivos anuales. Como se comprenderá, en estos casos es necesaria una concentración parcelaria, a fin de hacer desaparecer el mal uso de la tierra por sus raíces. Para ello se precisa determinar la superficie mínima que necesitará el agricultor para poseer una explotación económica, luego de haber considerado la conservación del suelo en primer término.

V.- Recomendaciones para la planicie.

Los dos recursos que hay que tomar muy en cuenta para mantener una agricultura eficiente y equilibrada son el suelo y el agua. De ambos se aprovecha la vegetación y por ello, su papel principal es el de servir de intermediario para que un factor no perjudique las propiedades del otro.

En este sector la mano del hombre ha influido más que en la cuenca de recepción, debido a la gran accesibilidad y a las facilidades para el laboreo de los suelos. Estas particularidades exigen que los cuidados del suelo sean más estrictos y simultáneamente han determinado la aparición de pequeñas propiedades que presentan las características ya descritas.

Los factores valorados dan la medida de la urgencia con que deben ser consideradas las diferentes zonas. Su atención debe ser tan inmediata como en la zona alta, pues los valores correspondientes a cada sección no deben ser comparados con los de la cuenca de recepción, sino entre sí, dentro de la misma planicie. De esta manera, se establecerá que aquellas zonas que tengan los valores de relieve más altos (o sea, relieve = 20- deben ser atendidas primeramente y luego, con prioridad, les seguirán aquellas que poseen una capacidad de

infiltración menor; o sean, los suelos de la Serie Esquipulas, porque según las pruebas de infiltración efectuadas en ellos, hay un margen de deficiencia respecto a esta propiedad, que puede producir la escorrentía. Por este motivo se ven drenajes en ellos, aunque en menor proporción que en los suelos de la siere coluviales de Montaña. No hay que olvidar tampoco los suelos de las series Coluviales de Montaña y Sabana Grande, que también poseen cierta deficiencia en la capacidad de infiltración.

Los volúmenes anotados en el cuadro No.24 indican la capacidad aproximada que deben tener los desagües en los diferentes suelos, en los lugares donde sean necesarios.

Para una frecuencia de diez años, período al que se aproximan los registros de precipitación aquí empleados, en la obra de ROE - AYRES (1) se recomienda estructuras semipermanentes con piedras, alambre y maderamen.

La ordenación debe ser hecha valiéndose principalmente de los cambios en el tipo de vegetación y en el sistema de laboreo del suelo. Pero todo ello, a su vez, conlleva ciertas modificaciones en la forma de tenencia de las propiedades, en el mejoramiento de los planes de explotación de las fincas y

en el empleo de medidas conservacionistas propiamente dichas.

.- Problemas originados por la
extensión de las propiedades .

La extensión de las propiedades determina la presencia de ciertos problemas referentes a la conservación de suelos:

.-Establece el tipo de "plan de explotación".- En las explotaciones pequeñas de subsistencia, tal plan se restringe a la producción de sólo unos pocos cultivos para el consumo de la familia, y por tanto, el sistema de rotación de cultivos difícilmente lo practican. Este fenómeno ocurre con el maíz, que en las explotaciones con una extensión menor de 4.1 manzanas se lo cultiva de primera y en el 77% de las propiedades se vuelve a cultivarlo de postrera. En tanto que en las explotaciones con una área superior a la citada, ya se hace un mayor empleo de la asociación de maíz con frijol, tanto en forma asociada como en rotación; aún así, el empobrecimiento del suelo es acelerado. De otro lado, están las gran-

des explotaciones agrícolas que dedican al cultivo del algodón toda la tierra de que pueden disponer, sin importar cuál sea su aptitud agrícola. En ambos casos, lo que se consigue es arruinar el suelo a corto plazo.

.- Establece el sistema de laboreo.- Así, en el caso de las fincas de subsistencia, como tan solo se requiere que rindan lo suficiente para abastecer el consumo de la familia, la fertilización, el abonamiento, y otras labores serán efectuadas con un mínimo de precauciones. Igual como sucede con los propietarios de las grandes extensiones que quieren aumentar el máximo de sus ingresos mediante la explotación industri-

minada del suelo .

.- Limita la posibilidad del control de la erosión.- En caso de tratarse de trabajos de ingeniería, tales como canales de desviación, su realización sería poco menos que imposible, porque tales obras ocuparían una buena extensión de la propiedad.

propias" son ocupadas con cultivos perennes, en algunas de ellas, el arrendamiento se debió a que el productor necesita un lugar para establecerse mientras trabaja en las explotaciones grandes. Por ello no se preocupa en obtener ganancias del lugar en el que está establecido.

En explotaciones de tenencia mixta con extensiones entre 4.1 manzanas y 21.4 manzanas, debido a las extensiones alquiladas, se conoce que el propósito del agricultor es el de obtener las ganancias que le permitan vivir y ahorrar. La existencia de potreros naturales en estas explotaciones denuncia dos cosas:

- La existencia de tierras completamente improductivas y
- La necesidad del agricultor por obtener tierras de buena calidad, que le proporcionen un buen margen de ganancias.

.- Solución a los problemas.

En vista de lo anterior, los problemas para la conservación del suelo originados por la extensión de las explotaciones y por la forma de tenencia de la tierra, merecen una pronta so-

lución, mediante una concentración parcelaria, o también mediante la utilización de la tierra con rodales, como lo propugna GORDON (20).

Este último procedimiento se refiere a la reforestación, por parte del estado, de los suelos que el catastro considere aptos para la agricultura. De esta forma se logran los siguientes objetivos:

- Se detiene la agricultura migratoria, una de cuyas formas es el arrendamiento anual de las explotaciones.

- Como efecto derivado del punto anterior, se obliga a la práctica de métodos agrícolas más intensivos.

- Ayuda a acelerar la tendencia a la propiedad privada.

- Se obtiene una zona de reserva muy útil, hasta tanto no se sepa si la legislación sobre el régimen de la tierra seguirá directrices satisfactorias, o se conozca como proceder para obtener un aprovechamiento justo de las tierras.

Otros pasos que se pueden dar para remediar la situación originada por los dos factores mencionados son:

- Un estudio detallado de la capacidad agrológica del suelo sobre la base de sus características: profundidad efectiva, textura del suelo superficial, permeabilidad del

suelo y del subsuelo, p.H., contenido de materia orgánica, pendiente, usos del terreno al momento del reconocimiento y grado de erosión ocurrida hasta entonces.

.- Determinación de la extensión mínima de la explotación. que le permita al agricultor obtener las ganancias suficientes, "luego de efectuar los trabajos de conservación de suelos más adecuados y de emplear las técnicas de laboreo que se requieran".

.- Posible reforma al sistema de alquiler. El arrendamiento es posible usarlo como un medio efectivo de transición para lograr que el campesino, que cuenta con solo un recurso escaso de suelo, obtenga a largo plazo una propiedad de extensión económica.

La desaparición de esta forma de tenencia en forma violenta significa la pérdida de un medio eficaz para aumentar la productividad agrícola.

Según TIMMONS (37), la mejora del arrendamiento tiene las siguientes funciones:

. Ofrece un marco legal, dentro del cual pueden trabajar los individuos para mejorar su propia producción y al mismo tiempo, la situación de la sociedad.

. Establece los cimientos sobre los cuales la tierra del propietario, por una parte, y el trabajo y el capital de operación del arrendatario, por otra, pueden combinarse para la distribución más económica de recursos y para la distribución justa de beneficios de acuerdo con la productividad de los recursos allegados.

. Contribuye a proporcionar al cultivador una finca que está más cerca del tamaño económico de la que él podría adquirir por su propia cuenta, especialmente si el sistema de crédito no es adecuado.

. Permite a aquellos arrendatarios que tienen pocos recursos, comenzar a cultivar por su propia cuenta, empleando su limitado capital en las inversiones relacionadas con el costo de producción.

. Facilita la transferencia pacífica de la propiedad sin menoscabo de la organización social ni de la producción agrícola.

Las soluciones a los problemas conservacionistas que el arrendamiento plantea, están encaminados principalmente a dar la seguridad al arrendatario, de poder recibir una retribución satisfactoria a los recursos puestos por él en la em-

presa. Algunos de los factores que afectan tal seguridad son:

- El plazo corto del arrendamiento, que le obliga a sacar el máximo de aprovechamiento en el menor tiempo posible; lo cual le impide seguir un buen sistema de rotación de cultivos y además es un fuerte impedimento para que se establezcan explotaciones de carácter forestal. GORDON (20) al respecto, dice que la aceptación de un cultivo forestal, cuidado como alternativa en las rotaciones agrícolas tropicales es una posibilidad que no se debe pasar por alto. Las soluciones a este problema serían las siguientes:

.- Fijar un tiempo mínimo de arrendamiento, que comprenda por lo menos, el término de un ciclo en la rotación de cultivos, que se considere adecuado al clima, al suelo y a la condición del mercado característicos de la zona.

.- Prohibir el arrendamiento de terrenos con florestas.

.-Compensación por el valor actual de las mejoras hechas por el arrendatarios, de acuerdo con su carácter:

- Si son mejoras de larga duración;

- Si son mejoras de duración media

- Por cuestiones que afectan a sus derechos como arrendatarios (37).

.- La cuantía y rigides del canon conducticio (37) que no estimula la inversión en mejoras, a menos que tal o cual cantidad de arrendamiento sirva para que el arrendatario se vea forzado a elevar la producción mediante el empleo de insumos estratégicos, y a respetar los buenos sistemas de labranza. En tal caso, la cuantía del arrendamiento deberá estar de acuerdo con las mejoras que se hagan, así como también guardará relación con los recursos empleados.

No es admisible la rigidez en una empresa agrícola, debido a su carácter variable, dependiente de los factores meteorológicos, del mercado, etc.

En resumen, para el mejoramiento del alquiler de tierras agrícolas, es necesario estimular la concepción por parte de los organismos encargados del adelanto del agro y por parte de los afectados, de que una propiedad arrendada es una unidad agrícola económica que obedece a la explotación de un solo productor, aunque este sea de carácter dual, pues comprende al propietario y al arrendatario, pero que por lo mismo, ambos esperan una retribución al recurso con el cual cada uno

aporta y que por tanto, deberán escoger los productos y técnicas de producción que den los mejores resultados, teniendo en cuenta lo que la finca puede producir y los precios corrientes (37).

.- Ayuda por parte del Estado al pequeño agricultor que está en capacidad de explotar económicamente una propiedad, para que adquiera la extensión suficiente, ya sea haciendo adiciones a su propiedad actual o mediante su conducción desde la condición de arrendatario o ejidatario, a propietario. La ayuda debe ser mayor para aquellos finuceros que piensen dedicar sus tierras a la explotación maderera.

.-Concomitentemente, se empezará la redistribución de tierras, de acuerdo con el orden prescrito por el Art. 18 de la Ley de Reforma Agraria o sea, primero las nacionales, luego las ejidales y por último la de particulares que no cumplen con la función social de la propiedad (34). Estas últimas están definidas en el Art. 19 de la citada ley.

.- Se debe exigir la presentación de un plan de explotación que comprenda un adecuado laboreo del suelo al agricultor candidato a obtener los beneficios.

Como complemento a este requisito, se recomendaría la formación de un cuerpo técnico, capaz de evaluar la bondad y factibilidad de los planes de explotación, teniendo siempre presente la idea del uso correcto del suelo, de acuerdo con su auténtica aptitud agrícola.

La diversificación de la agricultura es muy necesaria para la protección del suelo, y es el factor que se debe tomar en cuenta para determinar la unidad agrícola, pues:

. Permitiría el empleo correcto de los suelos según sus capacidades agrológicas, ya que en una misma explotación existen distintas clases de suelos. ejemplo de ello se tiene en las fincas, en las cuales el Departamento de Suelos ha hecho un estudio para determinar sus clases.

. Le permitiría al agricultor obtener ingresos durante todo el año.

. No se corre el riesgo de grandes pérdidas ; ya sea por factores climáticos o por el ataque incontrolable de plagas u otra causa imprevista.

.Se enriquecería la dieta de la familia campesina.

. El agricultor y sus familia o asociado se mantendrian

ocupados durante todo el año, pues la demanda de mano de obra será constante.

.- Formación de cooperativas. En muchas ocasiones, la extensión óptima mínima rendirá mejor si los propietarios se asocian, formando cooperativas que favorezcan el mercado de los productos, la compra de medios de producción, la obtención de créditos, etc.

.- Creación de un "Distrito de conservación de Suelos", que pueda servir como ensayo para la creación de otros distritos. La formación de estos organismos, implica:

- La existencia de programas de Conservación de suelos, según las necesidades locales.
- Una conciencia conservacionista de los propietarios de las explotaciones, quienes conformarán el cuerpo ejecutivo que estará encargado de exponer los problemas e inquietudes al técnico o técnicos y también del cumplimiento de las medidas conservacionistas aconsejadas .

La formación de un cuerpo de técnicos conservacionistas, que atenderán los problemas de la comunidad.

El empleo de los árboles en los diferentes
clases agrológicas.

Suelos de las clases I, II y III.- En estos suelos, el papel protector contra la erosión eólica que proporcionan los árboles dispuestos a manera de barreras rompe vientos, es importantísimo.

Pero para el establecimiento de tales barreras, es necesario conocer algunos principios citados por VAN DER LINDE (25) y que se enumeran a continuación:

-La anchura de la zona protegida es máxima con un rompevientos de densidad media, aunque en el punto mínimo la reducción de la velocidad es menor que detrás en una barrera densa.

- La barrera semidensa es la más económica para cultivos bajos que no precisan una protección extrema.

- La anchura de la zona con protección efectiva es proporcional a la altura de la barrera.

- Cuando los setos son bajos y los cultivos llegan a una altura superior a $1/2 h$ (h - altura de los árboles), es de suponer que los setos densos dan mejores resultados.

La acción benefactora de las barreras se traduce en una mayor cantidad de humedad relativa del aire, una disminución de la evaporación, la conservación de la humedad del suelo, una posible mantención de un gran contenido de CO₂ en el aire y por último, impide la formación de ventisqueros, que tanto afectan a los suelos que se hallan ocupados con algodón y otros cultivos escardados.

Suelos de las clases IV y V son los suelos apropiados para el fin propuesto por GORDON (22), sobre el mantenimiento de una reserva. En otras palabras, es necesario forestar estos suelos con fines de explotación, en atención a las necesidades de madera de las que se hicieron referencia.

En este sector de la cuenca, la forestación ya no contempla un aspecto predominante de protección, sino que el propósito primero es de orden económico. Sin embargo, el mantenimiento de estos suelos con un bosque les habrá proporcionado una buena capa de residuos vegetales y otros efectos beneficiosos.

Habría que tomar algunas medidas para favorecer la forestación de estos suelos. En Ecuador, se exoneran de todas clases de impuestos, durante 20 años, a los suelos que se dedican al fin mencionados. En esta misma legislación, se considera como apropiados para la forestación a los suelos que deban mantener bosques para la protección de los recursos naturales y a los que, sin estar actualmente destinados a cultivos agrícolas o pastos artificiales, ni siendo adecuados para estos fines, sean susceptibles de un notable incremento en la producción, mediante la formación de bosques (33). Se favorece también para que la reforestación sea afectuada por cooperativas de trabajadores, pues se reparte el producto de la explotación en forma proporcional entre las cooperativas, el propietario del suelo y la dirección técnica.

Suelos de las clases VI, VII y VIII. Se los debe dedicar exclusivamente a propósitos forestales. A fin de favorecer la reforestación de estos suelos, se podría iniciar un programa consistente en concursos, publicidad, etc.; a fin de ayudar en la aceptación del bosque familiar.

Hay que tomar en cuenta también, la obligación que fue establecida por el Art. 12 de la Ley sobre Conservación de bosques, para los propietarios de predios rústicos que lindan con las vías públicas, referente a plantar cada año, en la extensión de la que le corresponda, árboles de pronta y gran desarrollo, en forma de alamedas que sirvan para proteger al tránsito de los viandantes.

Por otro lado, es necesario hacer cumplir lo que estipulan los Artos. 1, 2 y 3 de la Ley sobre Conservación de Bosques, respecto a la protección de las márgenes de los cauces naturales, puesto que casi a todo lo largo del torrente de Ticuantepe, las orillas se hallen desprovistas de vegetación arbórea. Es más, hay innumerables explotaciones pequeñas asentadas en ellas, que corren el peligro de ser anegadas en una crecida cualquiera.

Los artículos citados estipulan la prohibición de cortar los árboles en una faja de 200 mts., medidos de cada orilla de las verientes, en toda la extensión de su curso.

VI.- Recomendaciones generales.

.-Es necesario emprender la rehabilitación y conservación de las tierras agrícolas, pues estas son la principal fuente de riqueza con las que cuenta el país y de las cuales depende la economía nacional.

.-Para emprender la rehabilitación de las tierras, es necesario determinar las zonas que presenten mayores peligros de erosión o aquellas que soportan un cultivo intensivo, y luego agrupar a estas tierras en unidades grandes de tratamiento que comprende medidas de diferentes índole: forestal, agrícola o pastoral.

Los suelos que requieren de medidas correctivas forestales, son, por lo general, aquellos cuyo uso, desde el punto de vista económico, no son aptos para otro tipo de cultivos, o aquellos que deben ser mantenidos en reserva para un uso ulterior.

Si se sigue esta política, será necesario que el Departamento Forestal se preocupe por crear una "red de viveros", los cuales se localizarían dentro de cada unidad de tratamiento. Es importante averiguar el tamaño de ellos, teniendo en

cuenta que deberán abastecer plántulas destinadas a diversos fines: bosques familiares, fajas de protección o rompevientos, radales para la explotación, etc.

- Creación de una Oficina Central de Conservación y Restauración del Suelo, encargada de establecer la coordinación de los trabajos en todo el país y de proveer de técnicos a los Distritos de Conservación de Suelos.

.- Creación de los Distritos de Conservación de Suelos que comprenderán una o varias cuencas hidrográficas. Lo recomendable sería identificar al Distrito de Conservación de suelos con la cuenca hidrográfica.

Tales Distritos estarán bajo la responsabilidad de los mismos agricultores, que a su vez estarán bajo la supervisión de una Agencia de Conservación de Suelos formada por un equipo de técnicos o un solo técnico.

Cada Distrito tendrá un programa de labores a desarrollar durante el año, y cada técnico o técnicos supervisores deberán hacer un informe anual de sus tareas, de los problemas que se hayan suscitado y de los resultados que se hayan obtenido de tal o cual medida adoptada.

.- Subordinación de los planes de Reforma Agraria a los planes de conservación y restauración de suelos. Por ejemplo,

el tamaño mínimo de las explotaciones deberá estar de acuerdo con la correcta conservación del suelo.

.- Elaboración de programas educativos para crear una conciencia conservacionista en todos los ciudadanos, empezando por los altos funcionarios del Gobierno, englobando a los encargados de la Reforma Agraria y terminando en la niñez.

.- Solicitar se asigne una parte del Presupuesto Nacional a la conservación y rehabilitación de los suelos; aunque lo óptimo es que los agricultores aporten las cantidades necesarias para tal fin.

.- Creación de un Centro Experimental de Conservación de Suelos, dedicado a la investigación de los fenómenos erosivos y de sus causas.

Todos estos puntos deberían ir incluidos dentro de una Ley de Conservación y Rehabilitación de suelos.

Sería muy recomendable que dicha ley contenga ciertas normas generales de conservación de suelos, como las que aparecen en el Código respectivo de KENIA (3). En él se establecen los siguientes puntos:

Primero se dan definiciones claras y precisas de: "funcionarios competentes", "propietarios", "porcentaje de inclinación", "vegetación" y "corrientes de agua".

Segundo, se fijan pendientes límites para el uso que se piense dar a la tierra. Por ejemplo, se prohíbe la destrucción de la vegetación, cultivo o pastoreo en pendientes mayores del 35%; se autoriza para que un funcionario vete el cultivo o destrucción de vegetación en pendientes mayores del 20%; y por último, se prohíbe el cultivo en pendientes del 12%; salvo que el suelo esté protegido contra la erosión mediante trabajos de conservación comprobados por un funcionario competente.

Tercero, se establecen restricciones en el cultivo, pastoreo y uso de las orillas de los cauces naturales

G L O S A R I O .-

- .- Acopio Superficial.- Es un factor que influye en la esco-
rrentía e indica como se comporta el agua sobre la superfi-
cie del suelo. Tal comportamiento varía con el relieve del
terreno; si este es ondulado, el agua correrá hacia las depre-
siones, formando canales.
- .-Area basal.- Es la suma de las secciones medidas a 1.30 m.
de altura de los árboles existentes en una hectárea.
- .- Altura media. Es la que corresponde a un limitado número
de ejemplares que se consideren como árboles tipos del rodal.
- .- Barrujo.- Material vegetativo muerto.
- .- Concentración parcelaria.- Procedimiento que persigue agrupar
las parcelas agrícolas pertenecientes a un solo dueño; o evitar
el fraccionamiento excesivo de las tierras agrícolas.
- .- Densidad.- Esta está dada por el número de árboles exis-
tentes por hectárea.
- .- Espesura.- Es el exponente del desarrollo de la capa. se
la califica de acuerdo con la sombra que la copa de los ár-
boles proyectan en el suelo.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- ANONIMO.- Some factors in coffee cultivation.- The Tropical Agriculturist.- (Ceylon). 76 (5), 1937.-
Pags.: 299 - 302
- 2.- AYRES Y ROE.- Drenajes agrícolas para ingenieros. Traducción de la primera edición inglesa por Mateo Sust. Editorial Omega, 1960. Pags.: 92 - 152.
- 3.- BARNES K.K., T. W. EDMONSTER, R.K. FREVERT, G.O. SCHWAB. Soil and water conservation engineering.- The Ferguson Foundation. Agricultural engineering. Series. John Wiley & Sons, Inc. 1955. Pags.: 25-64.
- 4.- BERGOFEN W. W.in.- Questions and answers.- Trees. Year Book of Agriculture, U.S. Government Printing Office. Washington. D.C. 1949 Pags. 19 - 36
- 5.- BLACKMORE, JOHN.- Planificación del fomento de cuencas hidrográficas. (Tomado de la revista "Unasylva". FAO). Vol. XIV No. 3. 1960). Ministerio de Agricultura y Gría. Dirección General de Recursos Renovables. División de Protección y Parques Nacionales. Sección de Conservación de Suelos y Aguas. Caracas, Venezuela. 1962. Pags.: 24.

- 6.- BRICEÑO MORENO, PRIMITIVO. Ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Otún en Pereira, Colombia. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Mérida Venezuela. Boletín No. 10, Julio de 1962. Pags.: 36 - 37.
- 7.- BROWN CARL B. and WARREN T. MURPHY.- Conservation begins on the watersheds. Year book of Agriculture. Department of Agriculture. U. S.A. 1955. Pag. 161.
- 8.- CAMARA, M. SAN MIGUEL DE LA.- Manual de Geología. Compañía Editorial Continental S.A. Séptima impresión. Febrero de 1962. Pags.: 145 - 161.
- 9.- COLMAN, E.A.- Vegetation and watershed management. An appraisal of vegetation management in relation of water supply, flood control and soil erosion. Sponsored by the Conservation Foundation. The Ronald Press Company. New York. 1953. Pags.: 45 6 154.
- 10.- CURIEL, VICTOR.- Conferencias de Capacitación. Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua. 1963. (Mimeografiado).
- 11.- CHAN, AGUSTIN et. al .- Control de aluviones. Investigación del drenaje pluvial de la ciudad de Managua. Oficina Nacional de Urbanismo. Ministerio de Fomen-

to. Managua, Nicaragua. 1957. Pags. 36.

- 12.- ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA Manual de conservación de suelos. Secretaría de Estado. Servicio de Lenguas Extranjeras. Washington D.C. Estados Unidos de Norteamérica. Pag. 324.
- 13.- FLINT, CARLOS A.- Prácticas de plantación forestal. América Latina. Agriculture Organization. Roma 1960. Pag. 472.
- 14.- FOOD ALIMENTATION ORGANIZATION.- Roma. Introducción a la ordenación de las cuencas hidrográficas. Report No. 703. 1958.
- 15.- FOTH, H.D., C.E. MILLAR, L.M. TURK.- Edafología. Fundamentos de la ciencia del suelo. Tercera edición. Editorial Continental S.A. México 1961. Pags.:162-186.
- 16.- FRANCOIS, T. - Evaluación de la utilidad de las influencias de los montes. Food Agriculture Organization. Roma. 1962. Pags. 267 - 310.
- 17.- FRANK H., LASSEN L.- Algunas relaciones entre plantas, suelo y agua en el manejo de cuencas. División de Influencias Forestales. Servicio Forestal. Departamento de Agricultura. EE. UU. Circular No. 910. 1963. Pag.: 68.

- 18.- GARCIA NAJERA, J.M.- Principios de Hidraulica Torrencial Su aplicación a la corrección de torrentes y aludes. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Dirección General de Montes, Caza y Pesca fluvial. Ministerio de Agricultura. Madrid 1962. Pags.: 3- 297.
- 19.- GARCIA, W. R. y J.F. MARRERO. La conservación del suelo y del agua en el cafetal. Revista de Agricultura de Puerto Rico. Vol. XXIV. No.2. Julio - Diciembre. 1957. Pags.:
- 20.- GORDON, W.A.- Obstáculos con que tropieza la silvicultura tropical: el régimen de la tierra. Unasylva. Revista de agricultura y productos forestales. Volumen 15. número 1. 1961. Pags.: 6 - 9.
- 21.- HALL, W. C., P. JACOBSON, G.B. RICHEY.- Agricultural Engineers' Handbook. Mc. Graw Hill, Rock Company: Pags. 313 - 342.
- 22.- HAZEN and SAWYER.- Informe sobre fuentes de abastecimiento de agua para Managua, Nicaragua. Preparado para la Empresa Aguadora de Managua. New York. 1964. Pag:38.
- 23.- HERNANDEZ MEDINA E.- Consideraciones fisiológicas en torno al desarrollo y fructificación del cafeto. Revista de Agricultura de Puerto Rico. Vol. XLIV. No.2. Julio 1957. Pags.: 8 y 9.

- 24.- HOOVER, M.D.- La acción y el movimiento del agua en el bosque. La influencia de los montes. Food Agriculture Organization. Roma 1962. Pags.:
- 25.- LINDE, ROELF J. VAN DER.- Arboles situados fuera del bosque. La influencia de los Montes. Food Agriculture Organization. Roma. 1962. Pags.: 153 - 225.
- 26.- MAYNE, WW.- Investigations on the nutrituion of Coffea arabica. The planter Chronicle 35 (160 327- 330.- 1940.
- 27.- MEAD, DANIEL G.- Hydrology. The fundamental basis of Hydraulic Engineering. Mc. Graw Hill Company Inc. 1919. Pags.: 243 - 258.
- 28.- NICARAGUA N.- et. al.- Mapeo semidetallado de los suelos de la Región del Pacífico. Hoja Managua (2952- III). Departamento de Suelos. división de Agricultura. Estación Experimental Agropecuaria. Ministerio de Agricultura.
- 29.- ORTEGA, VICTOR.- Tesis. Legislación forestal en Nicaragua. Crítica y sugerencias. Escuela Nacional de - agricultura y Ganadería. Para obtener título de Ingeniero Agrónomo. 1966.
- 30.- PATTEN, GEORGE PHILLIP.- Tesis: Agriculture land use and forming practices in the Managua Region of Nicaragua.