

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
U.N.A.**

ESCUELA PRODUCCION VEGETAL

TRABAJO DE DIPLOMA

**ANALISIS DE LA ESCORRENTIA E INFILTRACION, EN FUNCION
DE LA LLUVIA, EL SUELO Y PRACTICAS AGRONOMICAS, EN
LA CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA MEDIANTE EL USO
DE SIMULADORES DE LLUVIA**

AUTOR: OSCAR FRANCISCO DELGADO HERNANDEZ

ASESOR: ING. PHILIPPE VAUCHEL

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
U.N.A.
ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL**

TRABAJO DE DIPLOMA

**ANALISIS DE LA ESCORRENTIA E INFILTRACION EN FUNCION
DE LA LLUVIA, EL SUELO Y PRACTICAS AGRONOMICAS, EN
LA CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA, MEDIANTE EL USO
DE SIMULADORES DE LLUVIA**

POR:

Oscar Fco. Delgado Hernández

**Presentado a la consideración del Honorable Tribunal Examinador
como requisito final para optar al grado de Ingeniero Agrónomo.**

DIRECCION DE INVESTIGACION Y POSTGRADO (DIP)

MANAGUA, Nicaragua, 1993

Dedicatoria

A mis Padres: Pedro Alfonso y Ana Paula

A mi Esposa: Isabel Cristina

A mis Hijos: Oscar Miguel
Gisell Cristina

A: Todos mis hermanos

Agradecimientos

Al Ing. Philippe Vauchel por su valiosa ayuda en el análisis de este trabajo.

Al Ing. Eddy Castellón por la contribución en análisis de datos.

Al personal técnico y de campo que laboró en el Proyecto de Investigación de la Cuenca Sur.

INDICE GENERAL

Sección		Página
	Dedicatoria	ii
	Agradecimiento	iii
	Indice de Cuadros	v
	Indice de Gráficos	vi
	Resumen	vii
I.	INTRODUCCION	
II.	OBJETIVOS	
III.	MATERIALES Y METODOS	
	III.1 Descripción del Simulador de Lluvias	
	III.1.1 Dispositivo de Aspersión	
	III.1.2 Parcelas receptoras de las Lluvias.	
	III.1.3 Sistema de Medición del Esgurrimiento	
	III.2 Calibración	
	III.3 Metodologías Simuladas	
	III.4 Determinación de las Zonas Representativas y Tratamientos	
	III.4.1 Protocolos de Simulación	
	III.5 Forma de la Lluvia	
	III.6 Altura de la Lluvia	
	III.7 Tiempo entre Lluvias Sucesivas	
	III.8 Descripción de las Parcelas	
IV)	RESULTADOS	
V)	DISCUSION	
VI)	CONCLUSIONES	
VII)	RECOMENDACIONES	
VIII)	BIBLIOGRAFIA	
IX)	ANEXOS	

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Resultados del efecto de la preparación del suelo ante el escurrimiento, a través del análisis de Regresión Lineal.
- Cuadro 2. Resultados del efecto de la orientación de las labores del arado ante el escurrimiento, a través del análisis de Regresión Lineal.
- Cuadro 3. Resultados del efecto de la vegetación ante el escurrimiento, a través del análisis de Regresión Lineal.

INDICE DE GRAFICOS

1. Resultados del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la Microcuenca Santo Domingo con el tratamiento talpetate arado y banqueado.
2. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento talpetate intermedio arado y banqueado.
3. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento talpetate en barbecho.
4. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento sin talpetate arado y banqueado.
5. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento sin talpetate en barbecho.
6. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Sábana Grande con el tratamiento arado y banqueado.
7. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento talpetate arado a favor de la pendiente.
8. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento talpetate arado en contra de la pendiente.
9. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento sin talpetate arado a favor de la pendiente.
10. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento sin talpetate arado en contra de la pendiente.
11. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Sábana Grande con el tratamiento arado a favor de la pendiente.
12. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Sábana Grande con el tratamiento arado en contra de la pendiente.

13. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento talpetate con cultivo de frijol.
14. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento talpetate sin cultivo de frijol.
15. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento talpetate con cultivo de arroz.
16. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento talpetate sin cultivo.
17. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento sin talpetate con cultivo de frijol.
18. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento sin talpetate sin cultivo de frijol.
19. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento sin talpetate con cultivo de arroz.
20. Resultado del análisis de regresión lineal aplicado en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento sin talpetate sin cultivo.
21. Resultados obtenidos en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento pasto denso.
22. Resultado obtenido en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento pasto degradado.
23. Resultado obtenido en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento talpetate con cultivo de plátano.
24. Resultado obtenido en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento sin talpetate con cultivo de plátano.

RESUMEN

La cuenca Sur del Lago de Managua representa una de las áreas más afectadas desde el punto de vista ambiental, lo que es debido a las prácticas inadecuadas realizadas en la producción de cultivos anuales intensivos, las altas pendientes combinadas con el mal uso y manejo han roto el equilibrio ecológico en el área de la cuenca. Para dar respuesta desde el punto de vista de uso y manejo en el área se procedió a través del Proyecto PICSUR (ORSTOM) a modelizar el escurrimiento en función de la lluvia, el suelo y las prácticas agronómicas, utilizando la técnica de simuladores de lluvia, lo que nos permitió obtener datos en época seca.

Para esto se realizaron veinticuatro (24) tratamientos distribuidos en tres protocolos:

- El primero para determinar el efecto de la preparación de suelo ante la escorrentía.
- El segundo para determinar el efecto de las labores de arado a favor y en contra de la pendiente ante la escorrentía.
- El tercero para determinar el efecto de la vegetación ante la escorrentía. Obteniéndose que la preparación muy fina de la tierra presenta condiciones favorables ante la escorrentía. Las labores de arado en contra de la pendiente presentaron mejor efecto reductor del escurrimiento. El cultivo de plátano mostró mejores cualidades proteccionistas y/o conservacionistas, ya que no se obtuvo escurrimiento alguno al aplicársele las lluvias, siendo seguido por el cultivo de pastos.

I. INTRODUCCION:

La precipitación fluvial es un fenómeno muy variable en el espacio y en el tiempo, así que hay que recalcar que es un fenómeno esporádico y que al compararse en distintos años puede variar en forma notable.

En Nicaragua las primeras mediciones de la precipitación se realizaron a principios de este siglo y en la actualidad hay diferentes instituciones encargadas en recabar informaciones hidrometeorológicas. Estos fenómenos influyen en mayor o menor grado el diseño y la ejecución de las obras ingenieriles, siendo necesario crear en base de estos, los dispositivos y estructuras que den respuesta a la problemática.

Se puede observar que tanto en Nicaragua como en todo el mundo, la necesidad de realizar el aprovechamiento hidráulico, en especial el uso de sistemas de riego ha aumentado día a día, a tal grado que se han hecho urgentes las investigaciones hidrológicas para colaborar en este aspecto. El riego es una actividad agrícola ligada íntimamente al suelo, el movimiento del agua en el suelo y la capacidad de este para retenerla mantienen relación directa con las propiedades físicas del mismo.

La lluvia que llega a la tierra puede producir infiltración y también en ocasiones flujo superficial dependiendo de la intensidad de la lluvia y de la capacidad de infiltración del suelo, estando

esta afectada por la combinación de las acciones de los siguientes factores: Característica del suelo, espesor de la capa de saturación, humedad del suelo, compactación por la lluvia, arrastre de sedimentos finos, compactación por actividad humana, cobertura vegetal, temperatura y vegetación.

La descarga del ramal de un río en una cuenca de drenaje depende de la tasa de precipitación y de las características de la cuenca, siendo el coeficiente de escurrimiento un factor crítico. El área de drenaje de una cuenca en particular, inicialmente determina la cantidad de agua disponible que se obtuvo de una tormenta. La forma, el número de canales, la topografía y la orientación de la cuenca con respecto a la dirección del movimiento de la tormenta son también factores importantes ya que influyen en el tiempo de rezago, el lapso de tiempo entre el tipo de la intensidad de la lluvia y el tipo del escurrimiento de la corriente. Hugschmidt. M. (1986), considera las cuencas hidrográficas como un sistema productivo.

En Nicaragua el efecto del escurrimiento/(erosión) se ve favorecido por un sinnúmero de factores relacionados con la génesis, el uso y manejo de los suelos. Ellison (1944), Malagon (1978) consideran que la erosión eólica e hídrica es alta en muchas zonas al quedar desprotegido el suelo por las quemas en época de sequía, esto trae como consecuencia un aumento en las escorrentías al volver las

lluvias. En base al continuo deterioro de los recursos naturales se identificaron a nivel nacional 21 cuencas hidrográficas. Estudios posteriores de priorización realizados por IRENA (1982), determinaron a nivel nacional 33 cuencas hidrográficas operativas, entre las que se encuentra con un alto grado de priorización la cuenca Sur del Lago de Managua. Estudio base que elaboró y finalizó el Instituto de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA) en el año de 1984.

Con el propósito de dar seguimiento al estudio de ordenamiento, se creó en el año de 1985, el Proyecto de Investigación de la Cuenca Sur (PICSUR), financiado y asesorado por el Gobierno Francés, a través del Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo en cooperación (ORSTOM), organismo que realiza hasta el año de 1990 estudios referentes a edafología e hidrología.

Los suelos de la Región del Pacífico de Nicaragua específicamente los comprendidos en el estudio de ordenamiento de la Cuenca Sur del Lago de Managua, objeto de este estudio son de origen volcánico de texturas (franco arenosos, franco arcillo limosos), altamente susceptibles a la erosión por el escurrimiento. IRENA (1982), Marín (1969, 1972), consideran que la mayoría de los suelos en el área de estudio son de origen volcánico, tanto en el relieve alto y accidentado, como en el relieve de planicie. Las diferencias texturales, presencia y ausencia de talpetate común a muchos suelos

depende del tipo de materiales piroclásticos que dan origen al suelo, a la posición de estos en el área de la cuenca y al grado de desarrollo de los suelos. Fornier (1975), afirma que los suelos arenosos presentan mayor susceptibilidad a la erosión (hídrica y eólica) que los arcillosos.

El uso y manejo inadecuado de las áreas dentro de la cuenca por parte de los usuarios (despale, tecnología inadecuada, etc), han permitido el incremento de la escorrentía, arrastrando consigo el suelo fértil e inundando las partes bajas de la cuenca. Sanchez (1981), manifiesta que cuando el suelo se satura rápidamente las lluvias muy intensas pueden ocasionar considerable escorrentía aún en pendientes suaves, los valores dependen de la porosidad del suelo, su contenido de humedad, la intensidad de la lluvia y la cobertura del suelo.

La alta densidad poblacional y la actividad agrícola ejecutada por la misma, en la parte alta y media de la Cuenca Sur del Lago de Managua han roto el equilibrio ecológico del área.

INEC (1980), estimó que el 82% de la superficie total de la cuenca en estudio, aproximadamente 676 Km² corresponde a la parte rural con una población estimada de 50,000 habitantes y con una densidad de 75 habitantes por Km². Contantinesco (1976), señaló que entre las lecciones más importantes que se aprendieron fue que el problema de

la erosión no es simplemente de carácter físico, existen influencias sociales y económicas con significado que pesa sobre el grado de erosión que puede producirse y sobre la efectividad de las medidas para controlarla.

En base al análisis de estos parámetros socio-económicos se realizó un estudio investigativo referente al efecto del uso y manejo de los recursos naturales en el área. Con el fin de corregir este problema, se realizaron estudios hidrográficos y edafológicos en las microcuencas representativas del área para caracterizar y modelizar el escurrimiento de la Cuenca Sur del Lago de Managua, ubicándose en cada microcuenca para efectos de medición, vertederos, linnígrafos y una red de pluviógrafos.

Además se realizaron en las microcuencas pruebas de simulación de lluvias para probar el efecto de la intensidad de ésta, el suelo, las prácticas agronómicas y la vegetación en la dinámica de escurrimiento.

Dentro de este marco de referencia se ubica el tema de este estudio mediante el cual pretendemos sirva de base para dar respuesta a la problemática de la dinámica del escurrimiento en el área de estudio, planteándonos los siguientes objetivos:

II. OBJETIVO PRINCIPAL:

Estimar y evaluar la lámina de agua escurrida en función de la lluvia y las variables de suelo, prácticas agronómicas y cobertura vegetal.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

Determinar el efecto del suelo con y sin talpetate en función de la dinámica de escurrimiento.

- Evaluar el efecto de la labor de arado en favor y en contra de la pendiente en función del escurrimiento.
- Determinar el efecto de la cobertura vegetal ante la dinámica de escurrimiento.
- Crear las bases que nos permitan orientar y/o regular el uso y manejo adecuado en el área de la cuenca.

III. MATERIALES Y METODOS:

Este ensayo fue realizado en la Cuenca Sur del Lago de Managua, en microcuencas representativas, en el período comprendido del año 1987 a 1990, a una altura promedio de 200 m.s.n.m. una precipitación promedio de 1,400 mm; una temperatura promedio de 25°C y una evapotranspiración promedio de 1,400 mm. en suelos de texturas franco arenosas y franco arcillo arenosos, con buen drenaje, de relieve ondulado a fuertemente ondulado.

III.1 DESCRIPCION DEL SIMULADOR DE LLUVIAS:

Este aparato se encuentra en la literatura bajo dos nombres, el término infiltrómetro de aspersion que se deriva del primer modelo norteamericano llamado "Sprinkling Infiltrómetro", pero como lo que se mide directamente es el escurrimiento y no la infiltración por eso es preferible utilizar la palabra "minisimulador de lluvia".

El minisimulador de lluvia está constituido por tres partes:

- a) Dispositivo de aspersion
- b) Parcelas receptoras de lluvia
- c) Sistema de medición del escurrimiento

III. 1.1 Dispositivo de Aspersión

El sistema electrónico consiste en un motor que ordena el balanzamiento del pulverizador y del sistema de ajuste de las intensidades y duración de las lluvias simuladas.

Es un motor paso a paso que tiene un movimiento de ida y regreso, con amplitud variable, la que está determinada por comandos, que actúan sobre un inductor, ubicado frente del motor, el cual detecta el movimiento del brazo aspersor al pasar frente a él, ajustando el tiempo entre dos vueltas. Mientras mayor sea el tiempo entre dos pasajes, la trayectoria del brazo será más larga y mayor será el ángulo de cobertura del mismo, esto dará como resultado una menor intensidad de la lluvia aplicada.

El sistema electrónico permite establecer automáticamente una serie de lluvias cuyas intensidades y duración puede ser completamente distintas. Además se pasa de un tipo de lluvia a otra directamente, sin ningún ajuste o tiempo de espera. Según Laus (1941), Gunn y Kinzen (1949), Asseline (1988), consideran lo fácil que resulta variar la medida y tamaño de la gota con la intensidad de la lluvia sin cambios fundamentales en el aparato, así como la altura necesaria para que las gotas alcancen una velocidad terminal, es fácilmente conseguida ya que la energía cinética de la lluvia reproducida por el simulador es parecida a la de la lluvia natural.

III.1.2 Parcelas Receptoras de las Lluvias:

La parcela estudiada (1 m^2), está delimitada por un cuadro metálico hundido en el suelo a una profundidad de 10-15 cm, una cara del cuadro tiene rejillas verticales que permiten el pase del agua que escurre.

Esta cara de la parcela se coloca en la parte baja de la pendiente permitiendo que el agua escurrida drene a través del tubo de desague.

III.1.3 Sistema de Medición del Escurrimiento

El tubo de drenaje sale a un tanque (este es calibrado con el fin de que un centímetro (1 cm) de agua en el tanque sea equivalente a una lámina escurrida de 1 mm. en la parcela de 1 m^2 . El tanque está coronado por un limnógrafo (tipo OTT 200 ó SEBA alpha u modificado), el cual debe tener una velocidad de avance muy rápido con el fin de grabar los volúmenes escurridos con gran precisión.

Aunque las intensidades de lluvias son fiables y reproducibles, es necesario comprobarlas con la ayuda de pluviómetros distribuidos alrededor de la parcela durante cada lluvia simulada.

Cuando el volumen del agua escurrida es mayor que la capacidad del tanque de recepción, hay que vaciar el contenido durante la prueba, esto se hace con ayuda de una bomba de agua.

III.2 CALIBRACION

Para lograr calibrar las intensidades, se procedió a la aplicación secuencial de lluvias, con diferente ángulo y tiempos de aplicación, cinco minutos (5'), diez minutos (10') y tiempos mayores y menores de diez minutos (10'), los cuales se aplicaron en una parcela de un metro cuadrado (1 m²), disecada en la parcela, drenará hacia un recipiente a través de un conducto plástico, esta lámina escurrida, se registró con un limnógrafo y la cantidad de lluvia efectiva se midió por medio de una red de pluviómetros, distribuidos alrededor de la micro-parcela en estudio, De los datos obtenidos en estas pruebas, se originó una curva de ajuste y se obtuvo por medio de ésta las intensidades de 60, 120, 90, 60 y 40 mm/h y los ángulos 112° 54° 72° 112° y 58° respectivamente, estas intensidades de lluvia con sus ángulos se aplicaron en el mismo orden, a los diferentes tratamientos en estudio. Ver curva de calibración en Anexo.

III.3 METODOLOGIA SIMULADAS

La simulación se realizó en las microcuencas representativas Santo Domingo y Sabana Grande, en las cuales se realizaron un total de

veinticuatro tratamientos (24); con un número variable de lluvias, en base a las condiciones naturales de clima.

III.4 DETERMINACION DE ZONAS REPRESENTATIVAS Y TRATAMIENTOS

En base a la recopilación de datos y la realización de un recorrido de campo, tomando en consideración los parámetros edáficos, climáticos, ecológicos y agronómicos, se seleccionaron las microcuencas representativas del área en estudio, cuyas dimensiones andan por el orden del km² y la hectárea, las que se equiparon con vertederos, limnigrafos y pluviógrafos, para la realización de investigaciones referentes al comportamiento del escurrimiento en cada microcuenca. Además, dentro de cada microcuenca se realizaron pruebas de simulación de lluvias con el fin de comparar los resultados en ambos niveles, las microcuencas seleccionadas fueron Santo Domingo y Sabana Grande, realizándose en ambas 24 tratamientos 21 de estos se realizaron en la microcuenca Santo Domingo el resto en la microcuenca Sabana Grande.

III.4.1 Protocolo de Simulación

Para la elaboración de este estudio, se realizaron tres protocolos de simulación. En el primero se determinó el efecto de la preparación del suelo ante el escurrimiento para ello se realizaron seis tratamientos los que se nombran a continuación:

Microcuenca Santo Domingo:

- 1) Talpetate arado y banqueado
- 2) Talpetate intermedio arado y banqueado
- 3) Talpetate en barbecho
- 4) Sin talpetate arado y banqueado
- 5) Sin talpetate en barbecho

Microcuenca Sabana Grande:

- 1) Sabana Grande arado y banqueado

El segundo protocolo se creó para determinar el efecto de la orientación de las labores del arado a favor y en contra de la pendiente ante el escurrimiento. En este protocolo se realizaron seis tratamientos los que se enumeran a continuación:

Microcuenca Santo Domingo:

- 1) Talpetate arado a favor de la pendiente
- 2) Talpetate arado en contra de la pendiente
- 3) Sin talpetate arado a favor de la pendiente
- 4) Sin talpetate arado en contra de la pendiente

Microcuenca Sabana Grande:

- 1) Sabana Grande arado a favor de la pendiente
- 2) Sabana Grande arado en contra de la pendiente

El tercero y último protocolo se realizó para determinar el efecto de la vegetación ante la escorrentía. Para tal fin se realizaron doce tratamientos todos en la microcuenca Santo Domingo los que se enumeran a continuación:

- 1) Talpetate con cultivo de frijol
- 2) Talpetate sin cultivo de frijol
- 3) Talpetate con cultivo de arroz
- 4) Talpetate sin cultivo de arroz
- 5) Sin talpetate con cultivo de frijol
- 6) Sin talpetate sin cultivo de frijol
- 7) Sin talpetate con cultivo de arroz
- 8) Sin talpetate sin cultivo de arroz
- 9) Talpetate con pasto denso
- 10) Sin talpetate con pasto degradado
- 11) Talpetate con plátano
- 12) Sin talpetate con plátano

III.5 FORMA DE LA LLUVIA

El análisis del escurrimiento en cada una de las lluvias simuladas permitió definir una relación lámina escurrida lluvia útil para un estado de humedad del suelo.

Para que esta relación sea bien definida fue necesario que la duración de la lluvia fuese lo suficientemente larga, pero siempre ubicada en los límites compatibles con las características regionales de la pluviometría, las lluvias que se simularon fueron de dos tipos:

- a) Lluvias anuales
- b) Lluvias decenales

Presentando las primeras una duración de cincuenta minutos (50') con un total de cinco lluvias de diferente intensidad y con una duración de diez minutos por lluvia. Las lluvias decenales presentan una duración total de una hora y quince minutos (1h:15'), con un total de cinco lluvias de diferente intensidad y con una duración de quince minutos (15') por lluvia.

III.6 ALTURA DE LLUVIA

En la realización de este ensayo se aplicaron dos tipos de lluvia a) anuales, b) decenales. Las anuales presentan una altura de lluvia de 61.7 mm. y las decenales presentan una altura de lluvia igual a 92.5 mm.

II.7 TIEMPO ENTRE LLUVIAS SUCESIVAS

El tiempo comprendido entre la aplicación de una lluvia y la posterior obedeció a un período de 48 horas, este esquema se estableció a partir de los datos climáticos provenientes de la estación climática del Aeropuerto Augusto C. Sandino de Managua, la red agrometeorológica del MIDINRA y la del proyecto PICSUR. Para caracterizar el estado de humedad del suelo se utilizó un índice que sintetiza bien los fenómenos de secamiento y de reserva hídrico.

El índice de Kohler (IK), es un índice pluviométrico que toma en consideración la altura de la lluvia. Este índice se comporta como un tanque que tiene una ley de vacío exponencial y que se rellena a cada lluvia.

Para una lluvia definida, el índice está calculado a partir del total acumulado de las precipitaciones anteriores, corregidas en

función del tiempo que les separa de la lluvia considerada.

IK_n	=	$(IK_{n-1} + P_{n-1}) e^{-xt}$
IK_n	=	Valor del índice antes de la lluvia n.
IK_{n-1}	=	Valor del índice antes de la lluvia n-1.
P_{n-1}	=	Altura de la lluvia n-1
t	=	Tiempo en fracción de días, separando el fin de la lluvia n-1 y el inicio de lluvia n.
x	=	Coefficiente de ajuste.

III.8 DESCRIPCION DE LAS PARCELAS

Todas las variables descritas provienen de mediciones sencillas de campo, sin que fuese necesario realizar análisis de laboratorio.

Se hizo un inventario, lo más amplio posible de las características que pudieran influir sobre la infiltración en las parcelas, también se estableció un método de medición por apreciación de dichas características (Ver Formato en anexo), describiéndose las siguientes variables en las parcelas de ensayo: Características de recubrimiento del suelo (cobertura vegetal, desechos en porcentajes), organizaciones superficiales (amplitud del microrelieve, presencia/ ausencia de microorganismos, de vegetales, actividad mesofáunica, guijarros encastrados, grietas, hidromorfía de la superficie, presencia/ausencia de película de batidez).

IV. RESULTADOS

**TABLA DE RESULTADOS
PROTOCOLO No. 1**

MICROCUCENCA STO. DOMINGO.

TRATAMIENTOS	PARCELAS	A	B	R ²	No. OBSERVAC.
Talpetate arado y ban- queado.	Esc 01, Esc 05 Hon 01.	0.00043	-0.8	0.73	50
Talpetate intermedio arado y banqueado.	Esc 02, Esc 08 Hon 02.	0.0019	-3.5	0.80	50
Talpetate en Barbecho	Hon 03	0.00077	-1	0.64	35
Sin talpetate arado y banqueado.	Esc 03, Guan 03 Hon 03.	0.0041	-5.8	0.97	55
Sin talpetate en bar- becho.	Hond 04 Hond 05	0.0025	-0.9	0.85	75

MICROCUCENCA SABANA GRANDE

TRATAMIENTOS	PARCELAS	A	B	R ²	No. OBSERVAC.
Sabana Grande arado y banqueado.	Sab01, Sab02, Saba01, Saba02, Saba03, Saba06, Saba09, Salt01, Salt04, Salt09. Salt02, Salt03	-3.6	0.0033	0.77	195

**TABLAS DE RESULTADOS
PROTOCOLO No. 2**

MICROCUCENCA SANTO DOMINGO

TRATAMIENTOS	PARCELAS	A	B	R ²	No. OBSERVAC
Talpetate arado a favor de la pendiente.	Esc06	-0.9	0.00041	0.74	15
Talpetate arado en contra de la pendiente.	Esc04	-0.2	0.00014	0.94	15
Sin talpetate arado a favor de la pendiente.	Esc09	-6	0.0031	0.93	15
Sin talpetate arado en contra de la pendiente.	Esc07	-4.5	0.0019	0.91	15

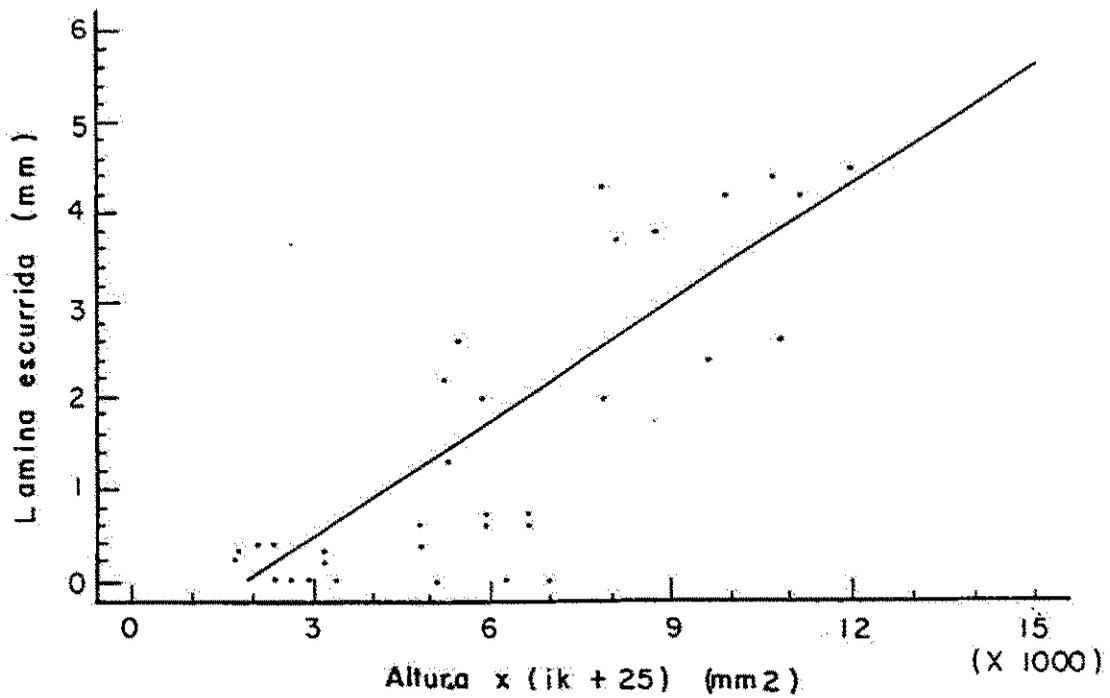
MICROCUCENCA SABANA GRANDE

TRATAMIENTOS	PARCELAS	A	B	R ²	No. OBSERVAC
Sabana Grande arado a favor de la pendiente.	Saba 04, Saba 08, Salt 05, Salt 05	-2.8	0.0026	0.65	45
Sabana Grande arado en contra de la pendiente.	Saba 05, Saba 07, Salt 06, Salt 08	-1.6	0.0016	0.48	45

TABLAS DE RESULTADOS
PROTOCOLO No. 3

TRATAMIENTOS	PARCELAS	A	B	R ²	No. OBSERVAC.
Talpetate con cultivo de Frijol.	Esc 10, Esc 11	-1.2	0.0010	0.89	40
Talpetate sin cultivo de Frijol.	Esc 12	-5.7	0.0042	0.90	20
Talpetate con cultivo de Arroz.	Esc 17, Esc 18	-4.7	0.0037	0.92	35
Talpetate sin cultivo de Arroz.	Esc 16, HOND 02	-5.8	0.0045	0.84	50
Sin talpetate con cultivo de Frijol.	Esc 13, Esc 15	-1.3	0.0011	0.59	40
Sin talpetate sin cultivo de Frijol.	Esc 14	-5.2	0.0032	0.95	20
Sin talpetate con cultivo de Arroz.	Esc 19, Esc 21	-5.6	0.0041	0.95	40
Sin talpetate sin cultivo de Arroz.	Esc 20, HONDO 6	-2.2	0.0043	0.81	55
Pasto Denso	DOMI 03	No hubo correlación			25
Pasto Degradado	DOMI 04	No hubo correlación			25
Con plátano y talpetate a 50 cms.	DOMI 01	No hubo correlacion			
Sin talpetate con plátano.	DOMI 02	No hubo correlación			

Gráfico No. 1

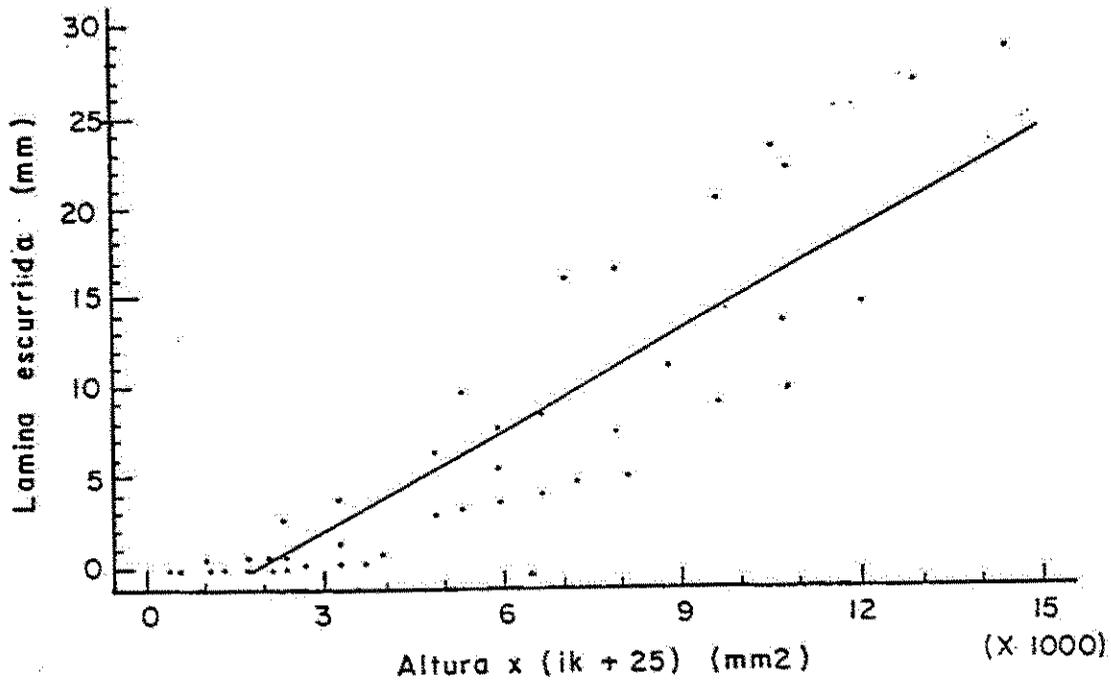


El Gráfico No.1, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Santo Domingo, con el tratamiento talpetate arado y banqueado. Con un total de 50 observaciones las que no se ajustan muy bien a la recta por presentar tendencia hacia abajo y hacia arriba de la misma, con una lámina total de escurrimiento de 5.6 mm. con un coeficiente de regresión significativo $R^2 = 0.73$ y la ecuación de regresión

$$Lr = -0.8 + 0.00043X.$$

Santo Domingo: talpetate intermedio arado y banqueado
ESCO2, ESCO1, HONO2.

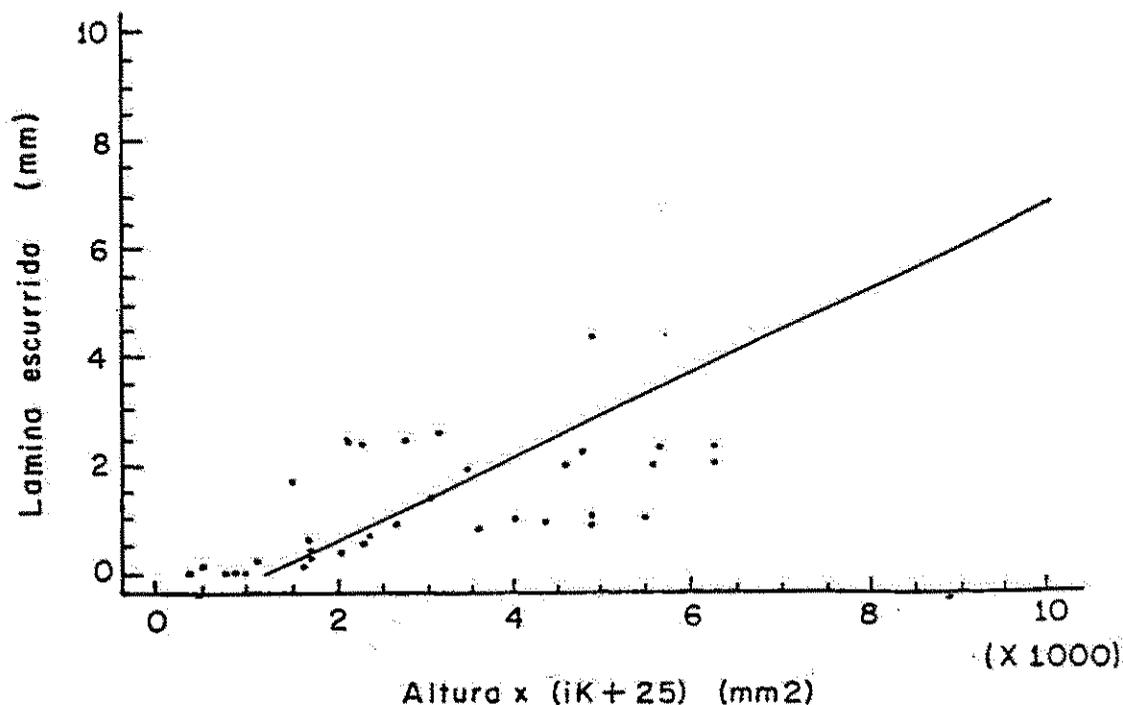
Gráfico Nº 2



El gráfico No. 2 nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca, Santo Domingo, con el tratamiento talpetate intermedio arado y banqueado. Con un total de 50 observaciones, que se ajustan bien a la recta de regresión, con una lámina total escurrida de 29 mm, un coeficiente de regresión significativo $R^2 = 080$ y la ecuación de regresión $Lr = -3.5 + 0.0019X$.

Santo Domingo: talpetate en barbecho
HONDO3

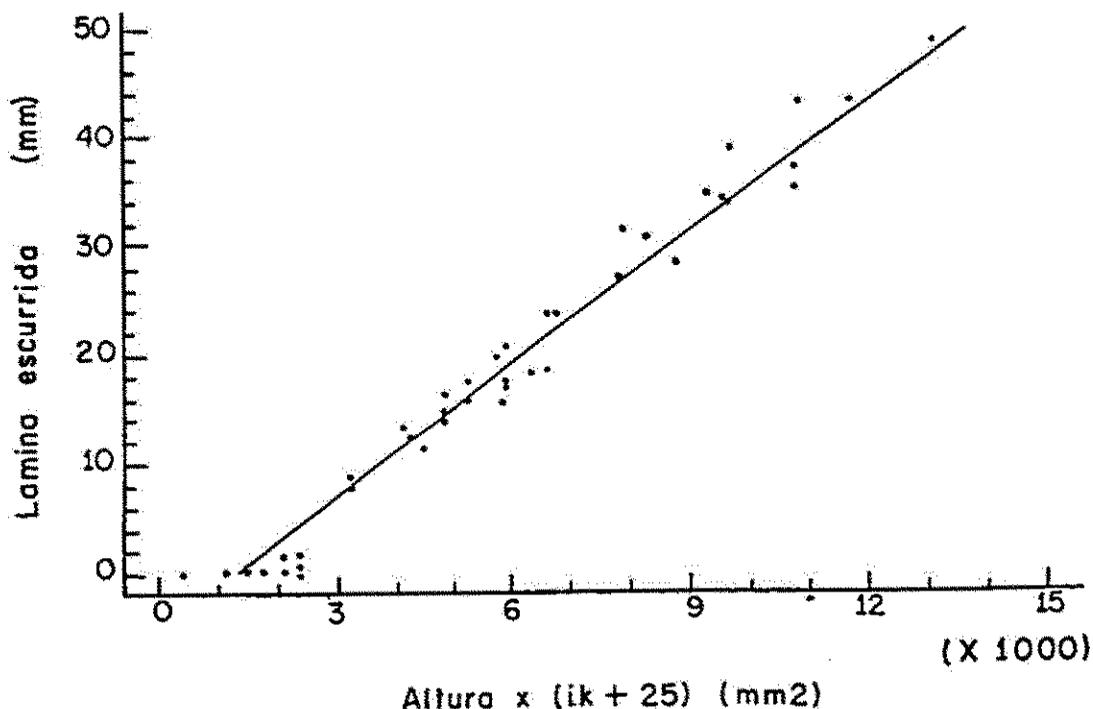
Gráfico No. 3



El gráfico No.3, nos muestra la relación entre la lámina de agua escurrida en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Santo Domingo, con el tratamiento talpetate en barbecho. Con un total de 35 observaciones, las que no se ajustan muy bien a la recta de regresión, presentando las primeras lluvias tendencia a valores bajos de escurrimiento, con una lámina máxima de 8.5 mm, un coeficiente de regresión significativo $R^2=0.64$ y la ecuación de regresión $Lr=-1+0.00077X$.

Santo Domingo: sin talp. arado y banqueado
 ESC03. GUANO3. HONO3.

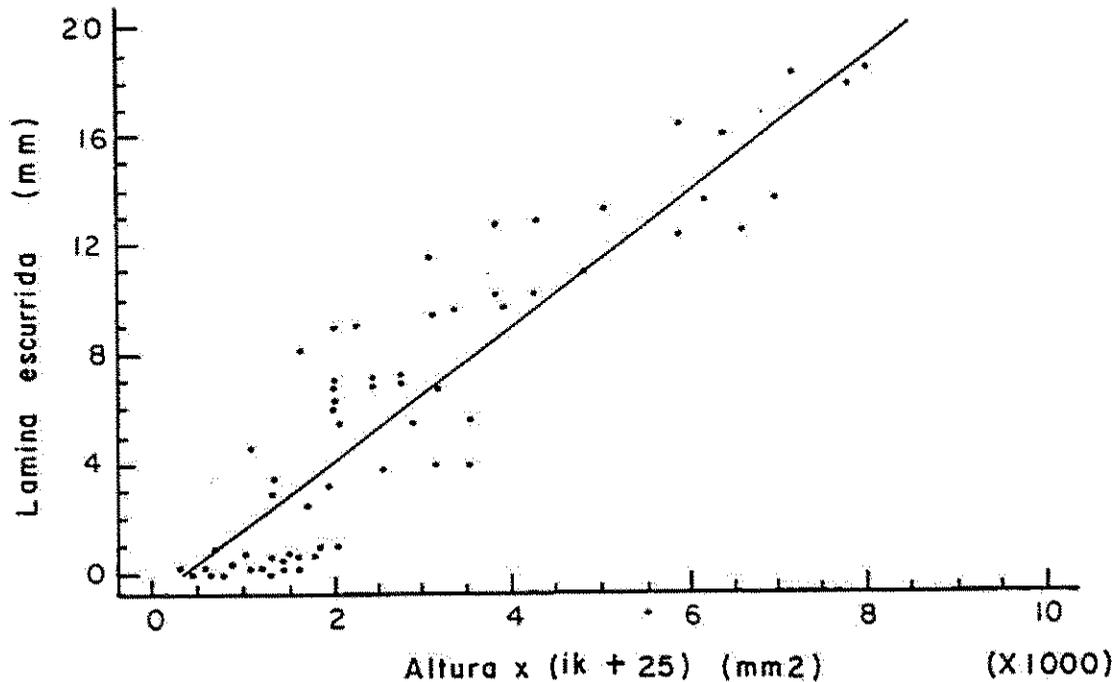
Gráfico N° 4



El gráfico No.4, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada en la parcela de la microcuenca Santo domingo, con el tratamiento sin talpetate arado y banqueado. Con un total de 55 observaciones, bien distribuidas en la recta de regresión, con un valor máximo de escurrimiento de 49 mm. Con un coeficiente de regresión significativo $R^2=0.97$ y la ecuación de regresión $Lr=-5.8+0.0041X$.

Santo Domingo: sin talpetate en barbecho
HONDO4 , HONDO5.

Gráfico N° 5

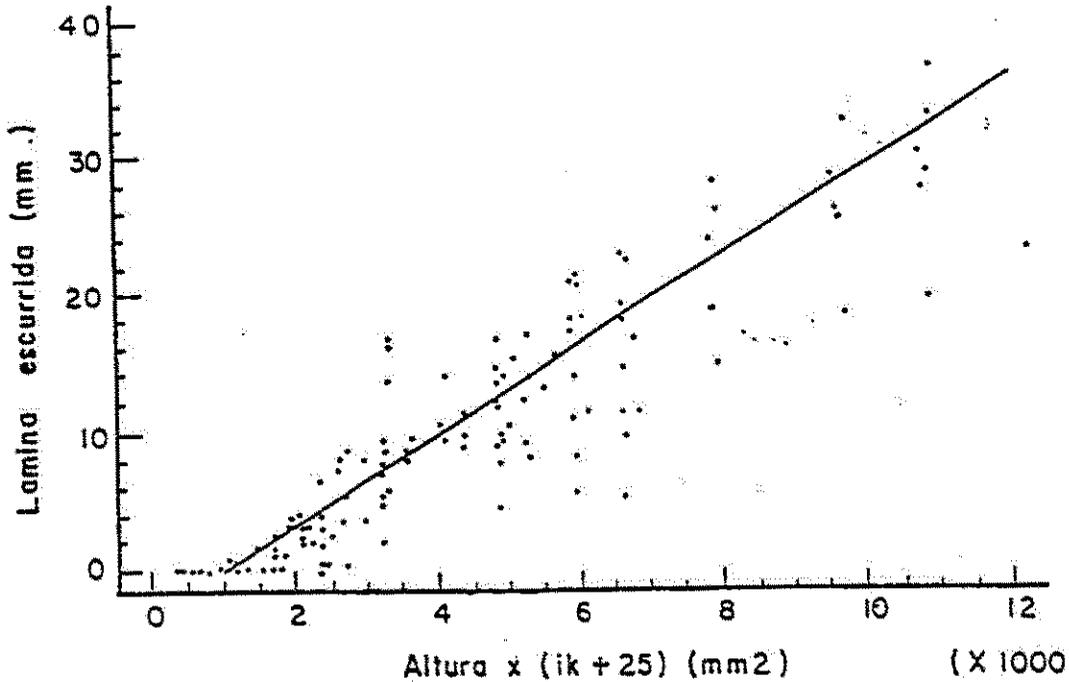


El gráfico No.5, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Santo Domingo, con el tratamiento sin talpetate en barbecho. Con un total de 75 observaciones, el 83% de éstas se concentra en el rango de 0-12 mm. de lámina escurrida, el resto sobrepasa este rango alcanzando valores máximos de 18.5 mm. de escurrimiento. Con un coeficiente de regresión significativo $R^2=0.85$ y la ecuación de regresión $Lr=-0.9+0.0025X$.

Sabana Grande: arado y banqueado

Gráfico No. 6

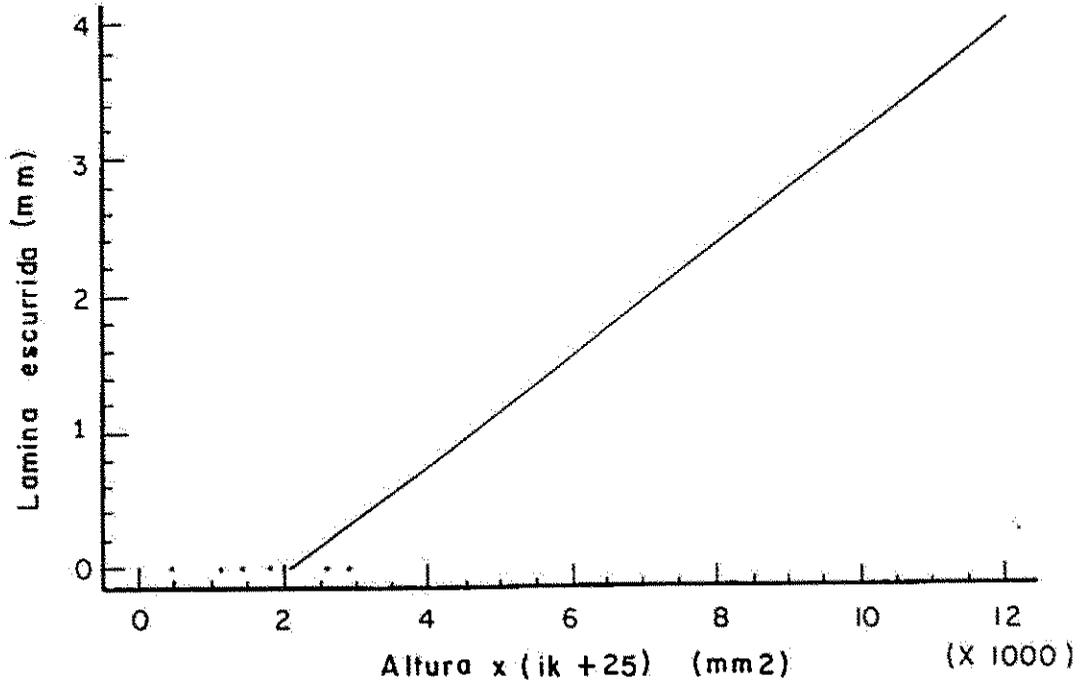
SAB:01,02,03. SABA:01,02,03,06 09, SALT:01,02,03,04,09



El gráfico No.6, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Sabana Grande, con el tratamiento Sábana Grande arado y banqueado. Con un total de 195 observaciones el 87% de éstas se concentran en el rango de 0-20 mm. de lámina escurrida, el resto sobrepasa este rango, alcanzando valores máximos de escurrimiento de 40 mm. Con un coeficiente de regresión de 0.77 y la ecuación de regresión $Lr = -3.6 + 0.0033X$.

Santo Domingo: talp. arado a favor de la pendiente.
ESG03

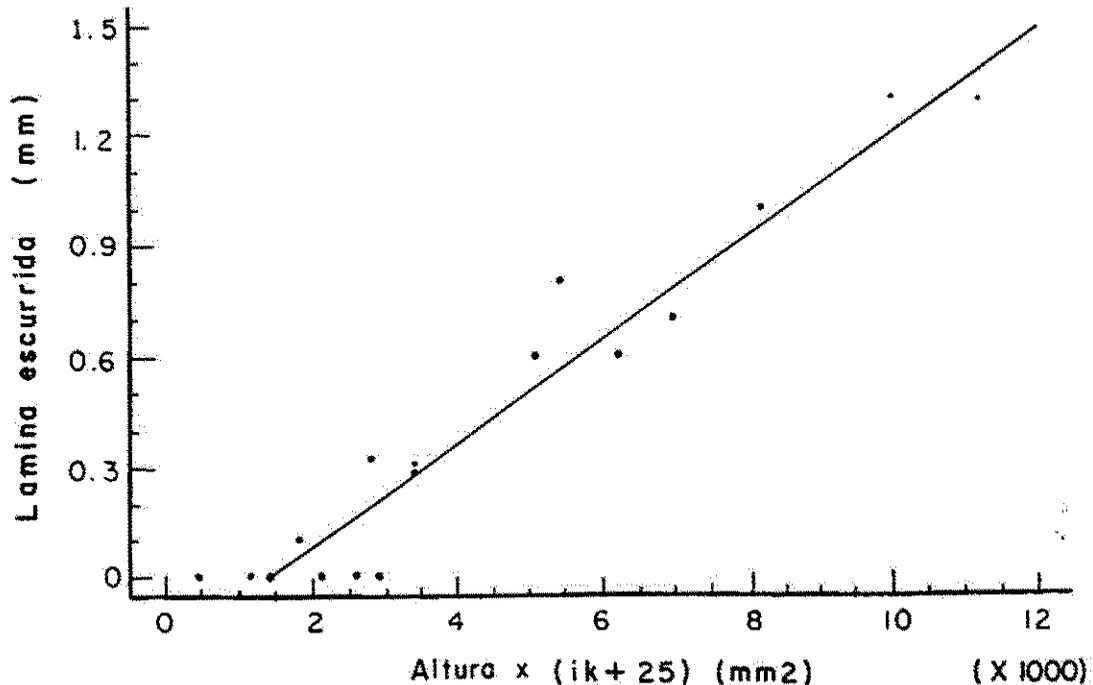
Gráfico No 7



El gráfico No. 7, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Santo Domingo, con el tratamiento talpetate arado a favor de la pendiente. Con un total de 15 observaciones, las que durante las primeras lluvias, presentaron poco escurrimiento; presentando las terceras lluvias valores máximos de escurrimiento de 4 mm. Con un coeficiente de regresión significativo de $R^2 = 0.74$ y la ecuación de regresión $Lr = -0.9 + 0.00041X$.

Santo Domingo: talp. arado en contra de la pendiente
ESC04.

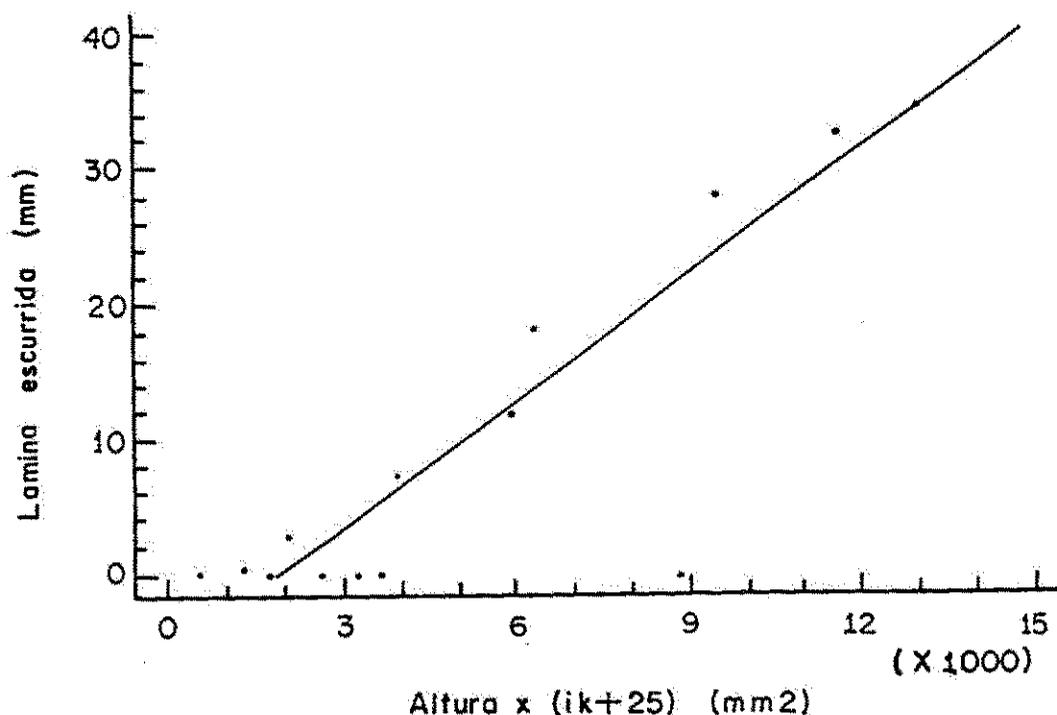
Grafico N° 8



El gráfico No.8, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Santo Domingo, con el tratamiento talpetate arado en contra de la pendiente. Con un total de 15 observaciones. A pesar de ser muy pocas, éstas se ajustan muy bien a la recta, presentando las primeras lluvias poco escurrimiento, alcanzando las últimas lluvias valores de 1.3 mm. de escurrimiento. Con un coeficiente de regresión significativo $R^2=0.94$ y la ecuación de regresión $Lr=-0.2+0.00014X$.

Santo Domingo: sin talp. arado a favor de la pendiente
ESC09.

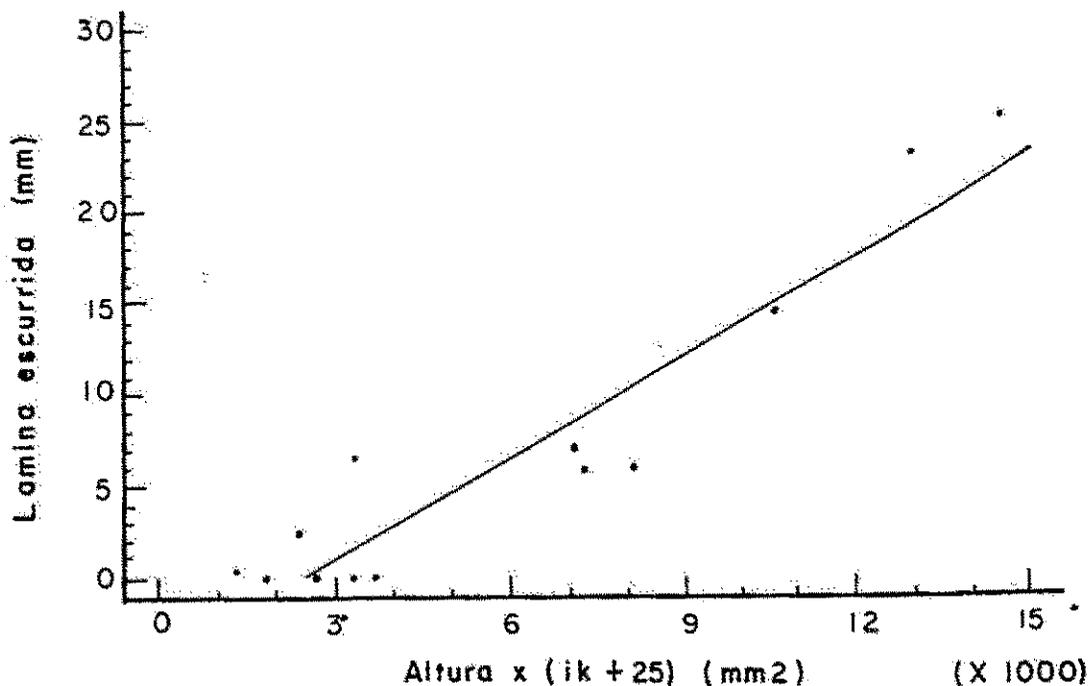
Grafico N° 9



El gráfico No.9 nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Santo Domingo, con el tratamiento sin talpetate arado a favor de la pendiente. Con un total de 15 observaciones, a pesar de ser pocas se ajustan bien a la recta de regresión, con un máximo de escurrimiento de 25 mm, un coeficiente de regresión significativo $R^2=0.93$ y una ecuación de regresión $Lr=-6+0.0031X$.

Santo Domingo: sin talp. arado en contra de la pendiente
 ESC07

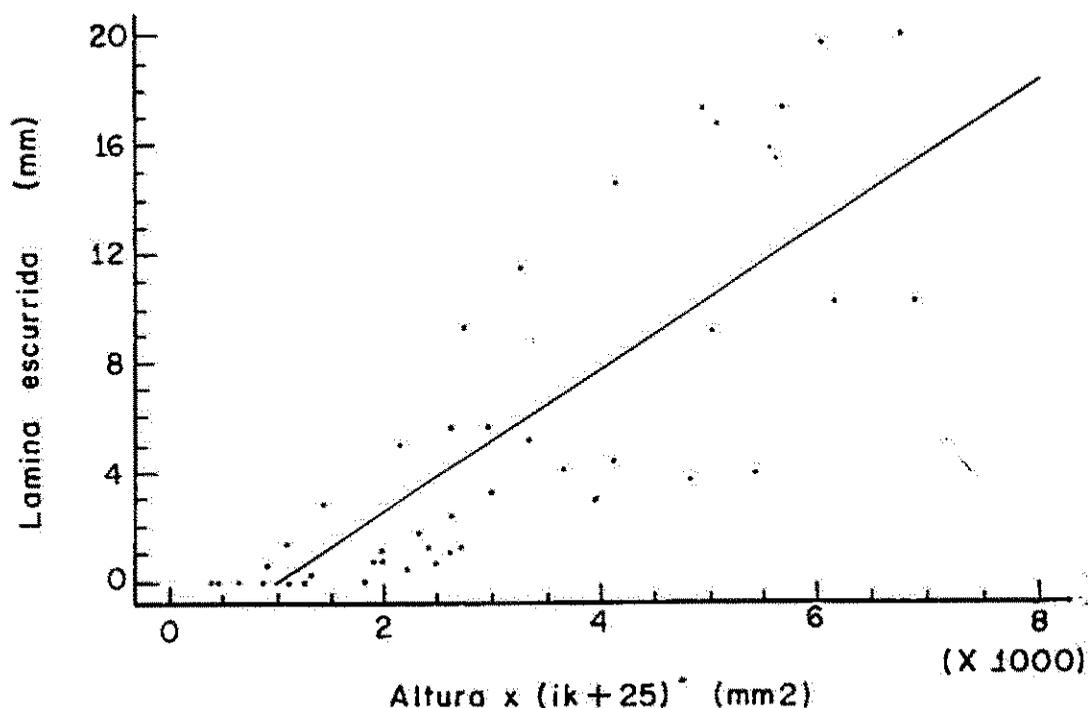
Gráfico N° 10



El gráfico No.10, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Santo Domingo, con el tratamiento sin talpetate arado en contra de la pendiente. Con un total de 15 observaciones, este tratamiento presenta pocas observaciones, pero se ajustan bien a la recta de regresión, el 80% de estas se concentran en el rango de 0-10 mm, de lámina escurrida, el resto sobrepasa este rango alcanzando valores máximos de 25 mm. Con un coeficiente de regresión significativo $R^2=0.91$ y la ecuación de regresión $Lr=-45+0.0019X$.

Sabana Grande: arado a favor de pendiente
SABAO4, SABAOO, SALTOO, SALTO7.

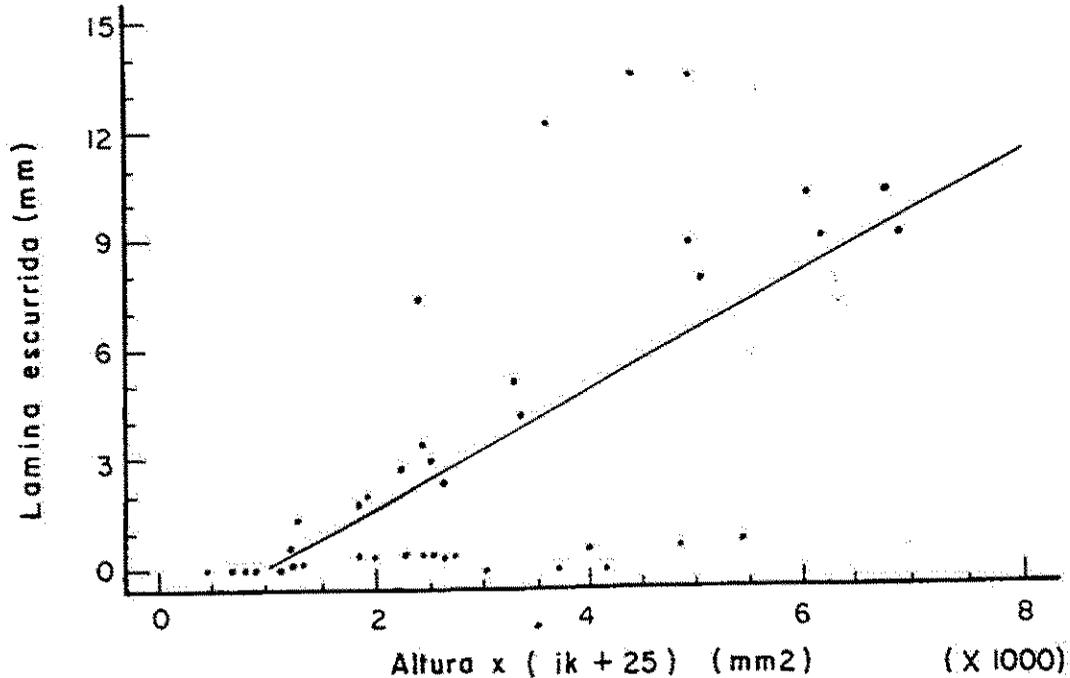
Gráfico Nº II



El gráfico No.11, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada en la parcela de la microcuenca Sabana Grande, con el tratamiento arado a favor de la pendiente. Con un total de 45 observaciones, las que se encuentran dispersas en relación a la recta de regresión presentando valores máximos de escurrimiento de 20 mm. Con un coeficiente de regresión significativo $R^2=0.65$ y la ecuación de regresión $Lr=-2.8+0.0026X$.

Sabana Grande: arado en contra de pendiente
SABA05, SABA07, SALT06, SALT09

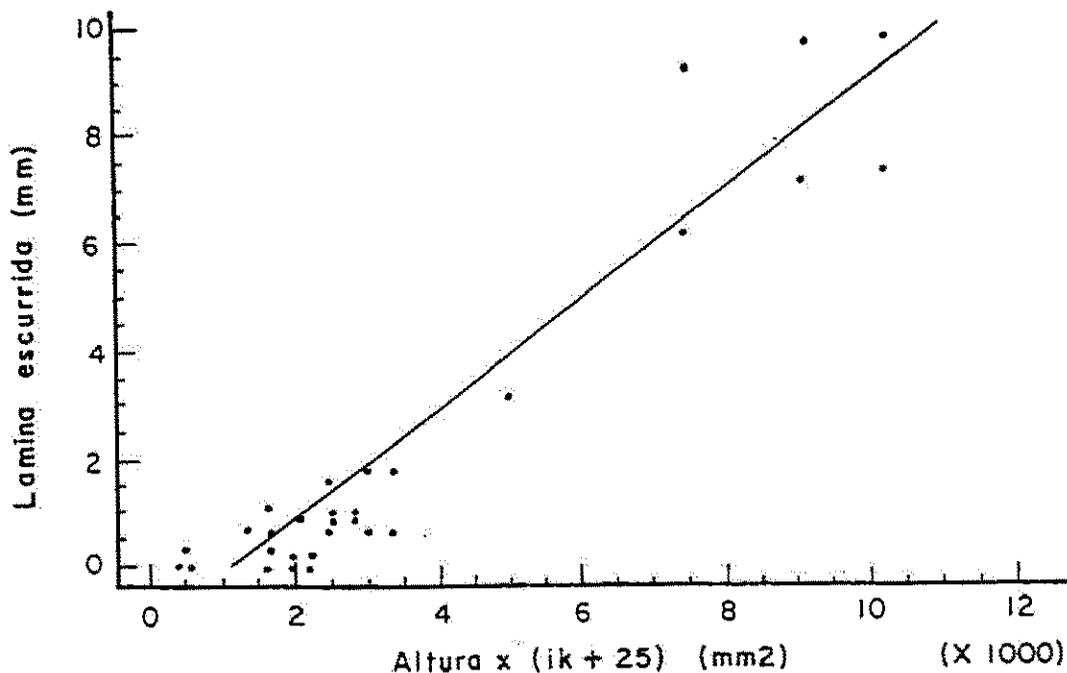
Gráfico N° 12



El gráfico No.12, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Sábana grande con el tratamiento Sabana Grande arado en contra de la pendiente. con un total de 45 observaciones, el 89% de éstas se distribuyen entre el rango de 0-9 mm. de lámina escurrida, el resto sobrepasa este rango, alcanzando valores máximos de 13.5 mm. Con un coeficiente de regresión significativo $R^2=0.48$ y la ecuación de regresión $Lr=-1.6+0.0016X$.

Santo Domingo : talpetate con frijol
ESC10, ESC11.

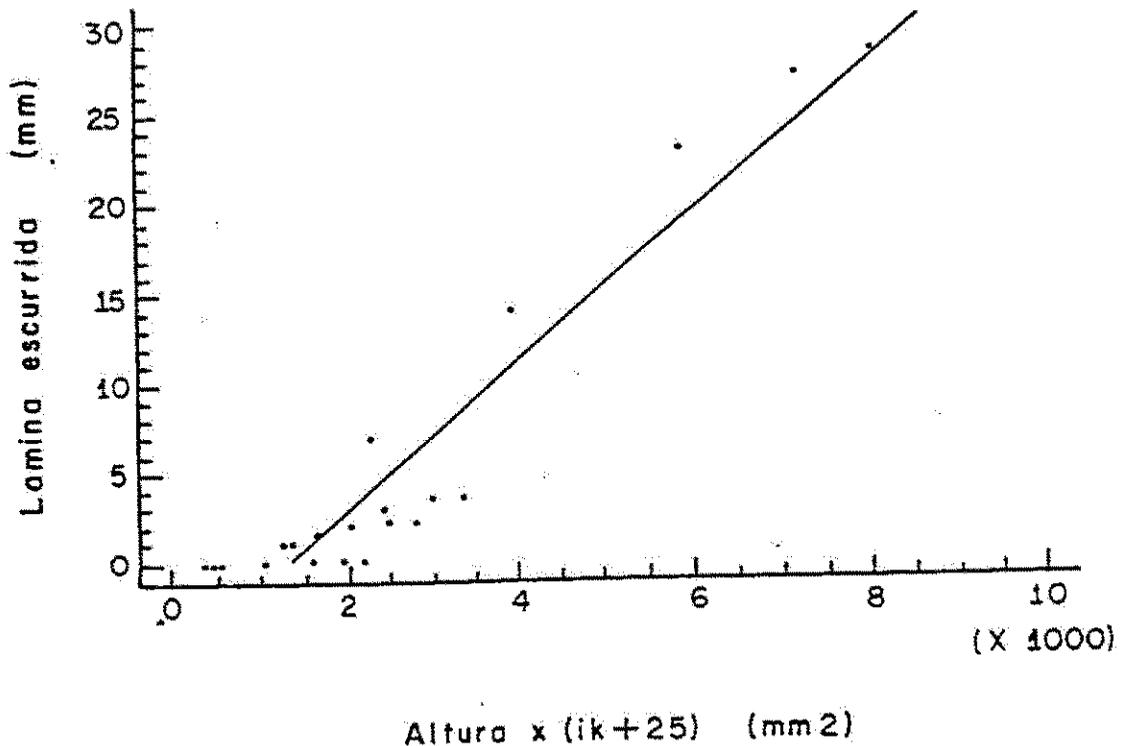
Gráfico N° 13



El gráfico No.13, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada en la parcela de la microcuenca Santo Domingo, con el tratamiento talpetate con cultivo de frijol, con un total de 40 observaciones, la mayoría de éstas se encuentran en el rango de 0-2 mm. de lámina escurrida, y una lámina máxima de 10 mm. Con un coeficiente de regresión significativo de $R^2=0.89$ y la ecuación de regresión $Lr=-1.2+0.0010X$.

Santo Domingo: talpetate sin frijol
ESC12.

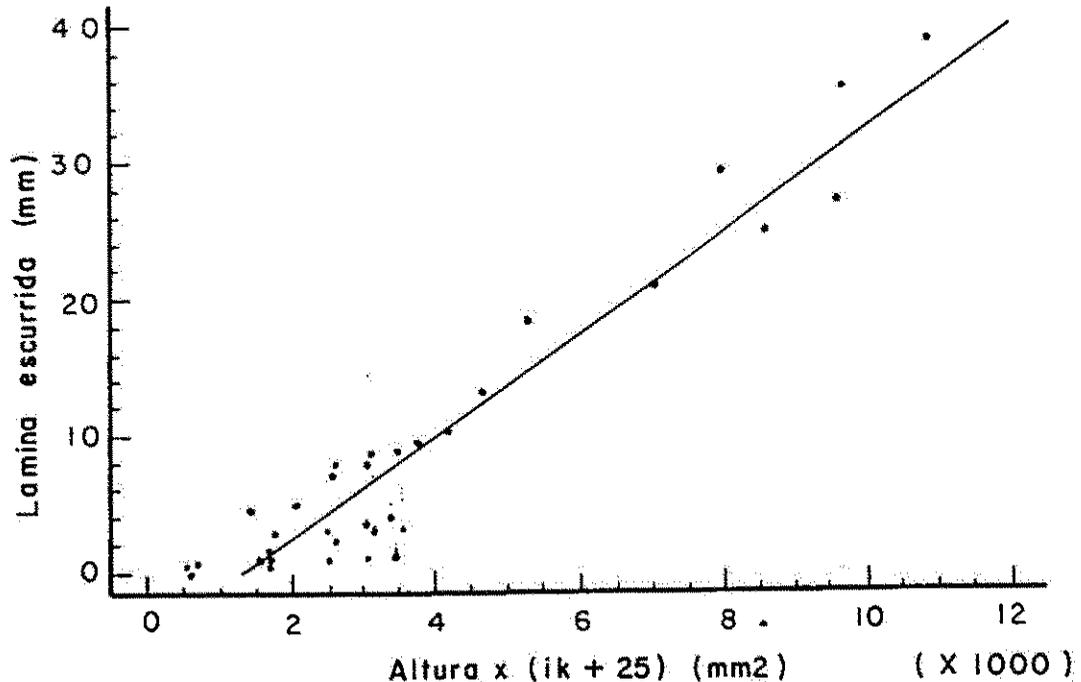
Gráfico No 14



El gráfico No.14 nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida en función de la altura de lluvia aplicada en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento talpetate sin cultivo de frijol, en este tratamiento se eliminaron las plantas de frijol, pero se conservó la preparación del terreno, los surcos en contra de la pendiente. Con un total de 20 observaciones, el 75% de estas se concentran en el rango de 0-5 mm, de lámina escurrida el resto sobrepasa este rango alcanzando valores máximos de 28 mm. de escurrimiento. Con un coeficiente de regresión significativo $R^2=0.90$ y la ecuación de regresión $Lr=-5.7+0.0042X$.

Santo Domingo: talpetate con arroz
ESC17, ESC18

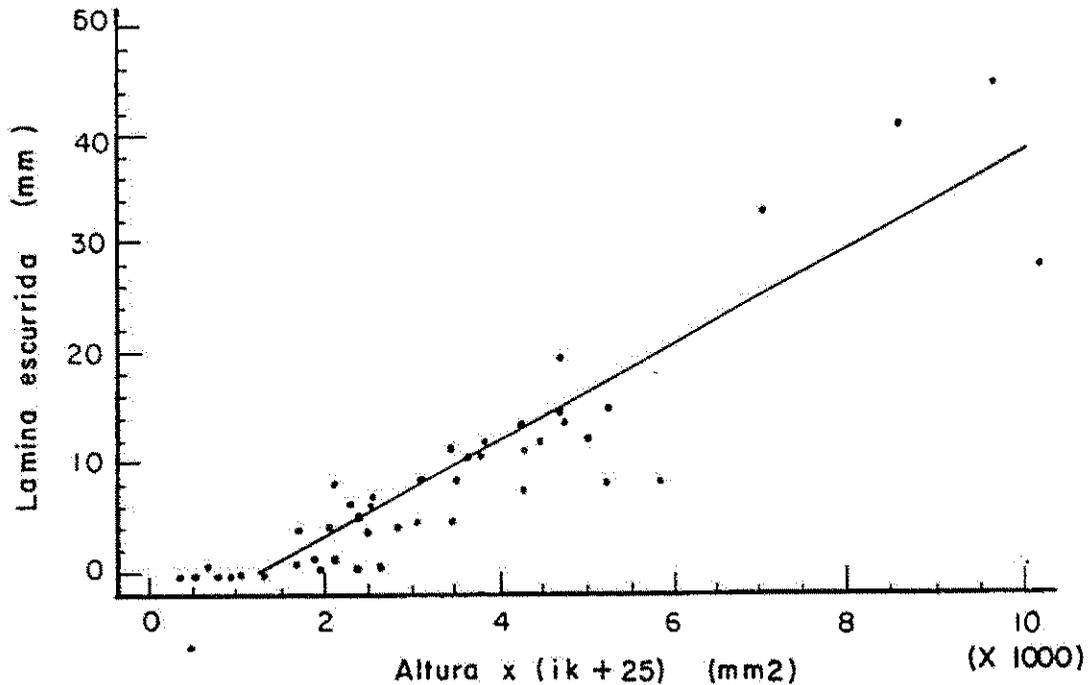
Gráfico N° 15



El gráfico No.15, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada en la parcela de la microcuenca Santo domingo, con el tratamiento talpetate con cultivo de arroz. Con un total de 35 observaciones, el 74% de éstas se concentran en el rango de 0-10 mm, de lámina escurrida, el resto sobrepasa este rango, alcanzando un máximo de 38 mm. de escurrimiento. Con un coeficiente de regresión significativo $R^2=0.92$ y la ecuación de regresión $Lr=-4.7+0.0037X$.

Santo Domingo: talpetate sin cultivo
 ESC16, HONDO2

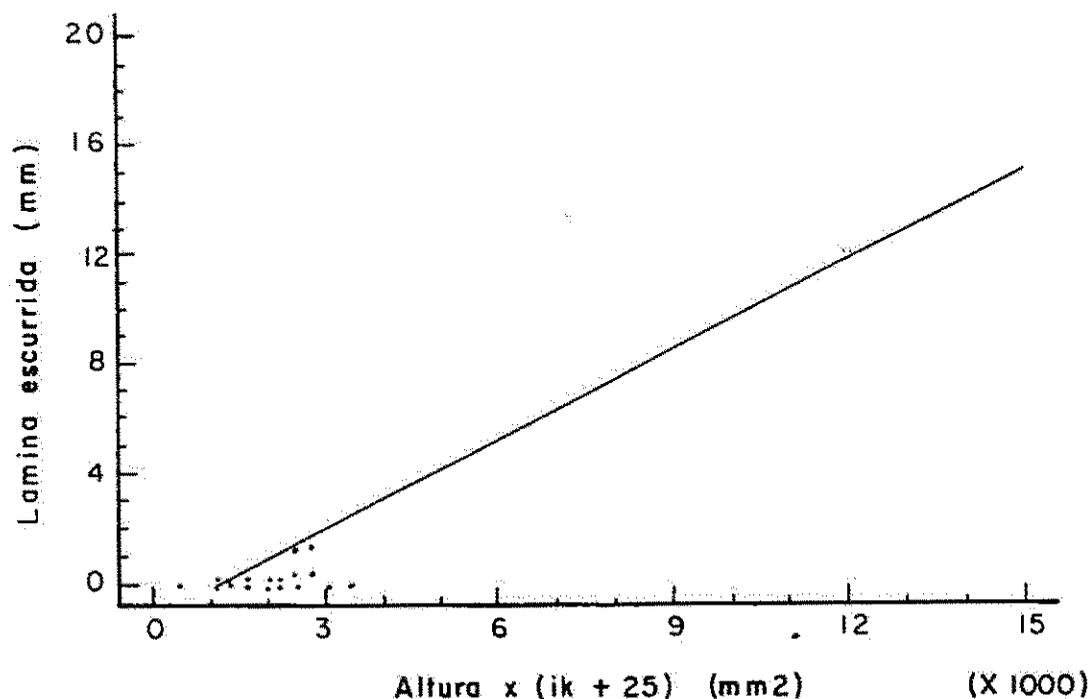
Gráfico N° 16



El gráfico No. 16, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Santo Domingo, con el tratamiento talpetate sin cultivo. Con un total de 50 observaciones de las cuales el 94% se encuentran distribuidas en el rango 0-20 mm, de lámina escurrida, el resto pasa de este rango, alcanzando valores máximos de 45 mm. Con un coeficiente de regresión significativo de $R^2=0.84$ y la ecuación de regresión $Lr=-5.8+0.0045X$.

Santo Domingo: sin talpetate con frijol
 ESC13, ESC15

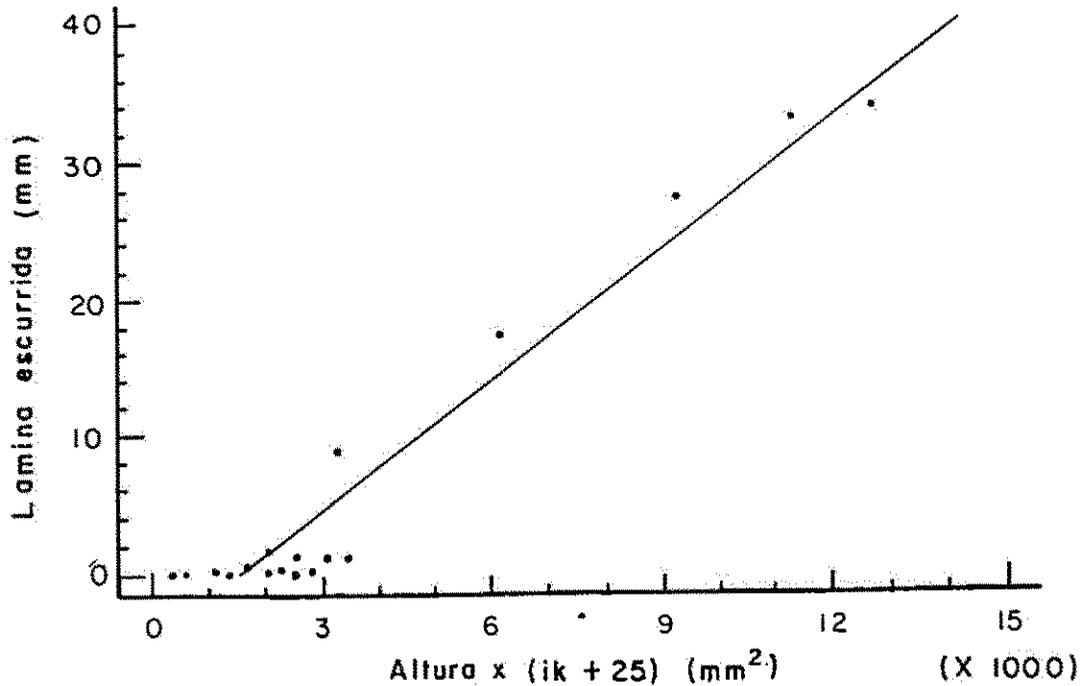
Gráfico N° 17



El gráfico No.17, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Santo domingo, con el tratamiento sin talpetate con cultivo de frijol. con un total de 40 observaciones, el 85% de estas se concentran en el rango de 0.4 mm, de lámina escurrida, el resto sobrepasa este rango alcanzando valores máximos de escurrimiento de 19 mm. Con un coeficiente de regresión significativo de $R^2=0.59$ y la ecuación de regresión $Lr=-1.3+0.0011X$.

Santo Domingo: sin talpetate sin frijol
 ESCI4.

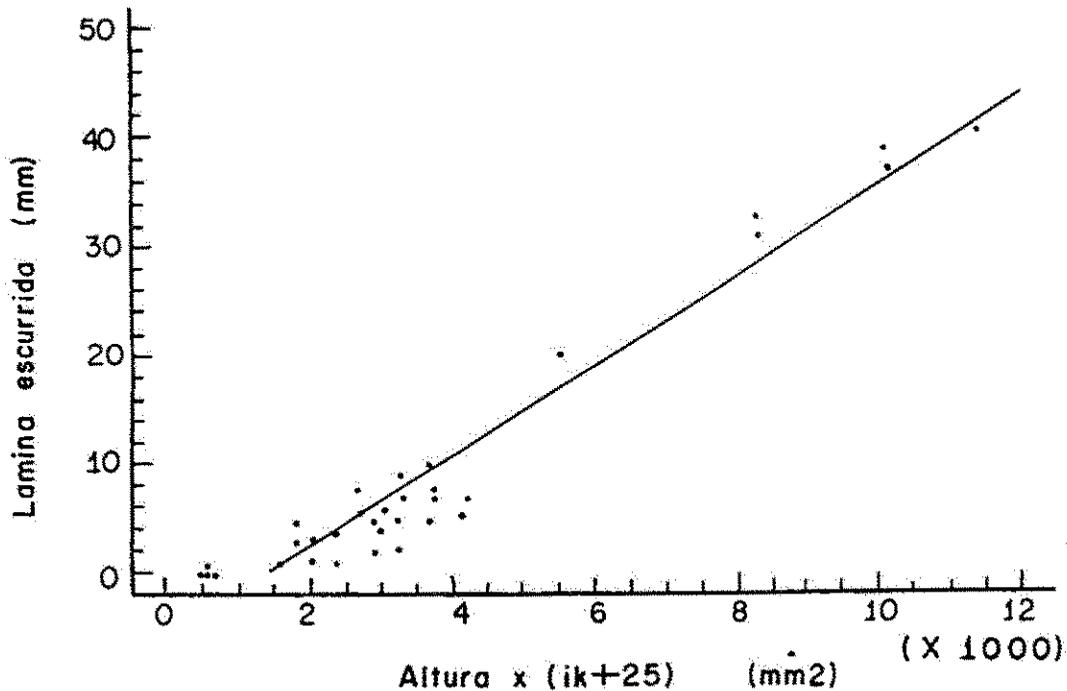
Gráfico No 18



El gráfico No.18, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento sin talpetate sin cultivo de frijol. Con un total de 20 observaciones, el 80% de estas se concentran en el rango de 0-2 mm. de lámina escurrida y el resto sobrepasan este rango alcanzando un valor máximo de 34 mm. con un coeficiente de regresión significativo de $R^2=0.95$ y la ecuación de regresión $Lr=-5.2+0.0032X$.

Santo Domingo: sin talpetate con arroz
ESC19, ESC21.

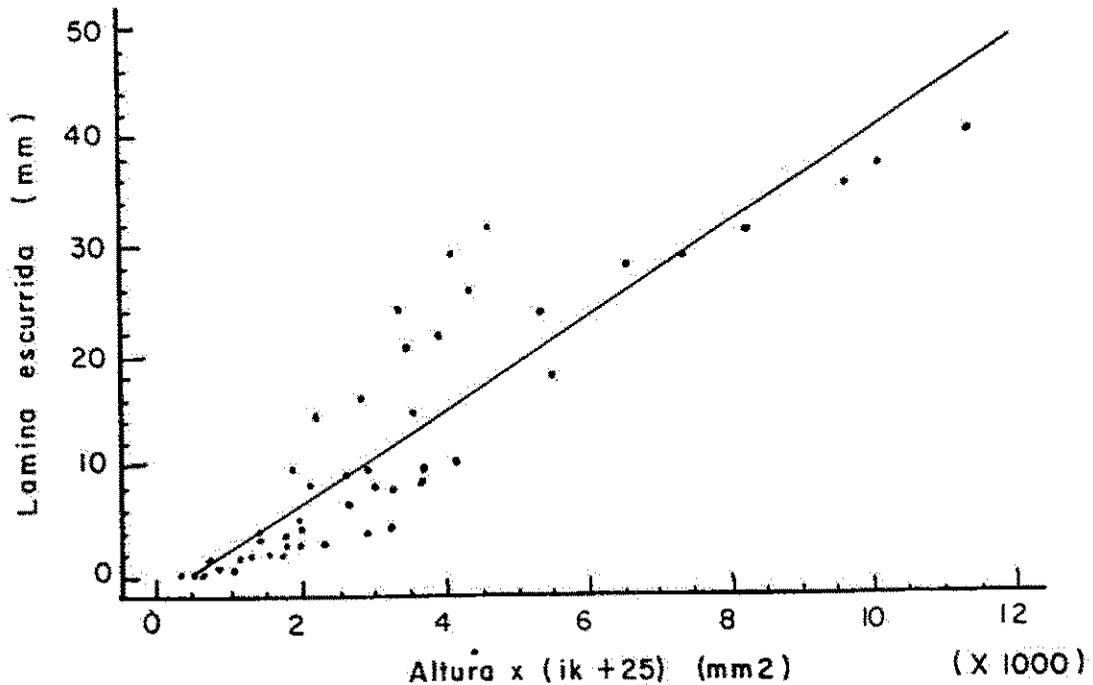
Gráfico N° 19



El gráfico No.19, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento sin talpetate con cultivo de arroz. Con un total de 40 observaciones, el 85% de estas se encuentran distribuidas en el rango de 0-10 mm, de lámina escurrida, el resto pasa de este rango, alcanzando valores máximos de 40mm. de escurrimiento. Con un coeficiente de regresión significativo de $R^2=0.95$ y la ecuación de regresión $Lr=-5.6+0.0041X$.

Santo Domingo: sin talpetate sin cultivo
ESC20, HONDURAS

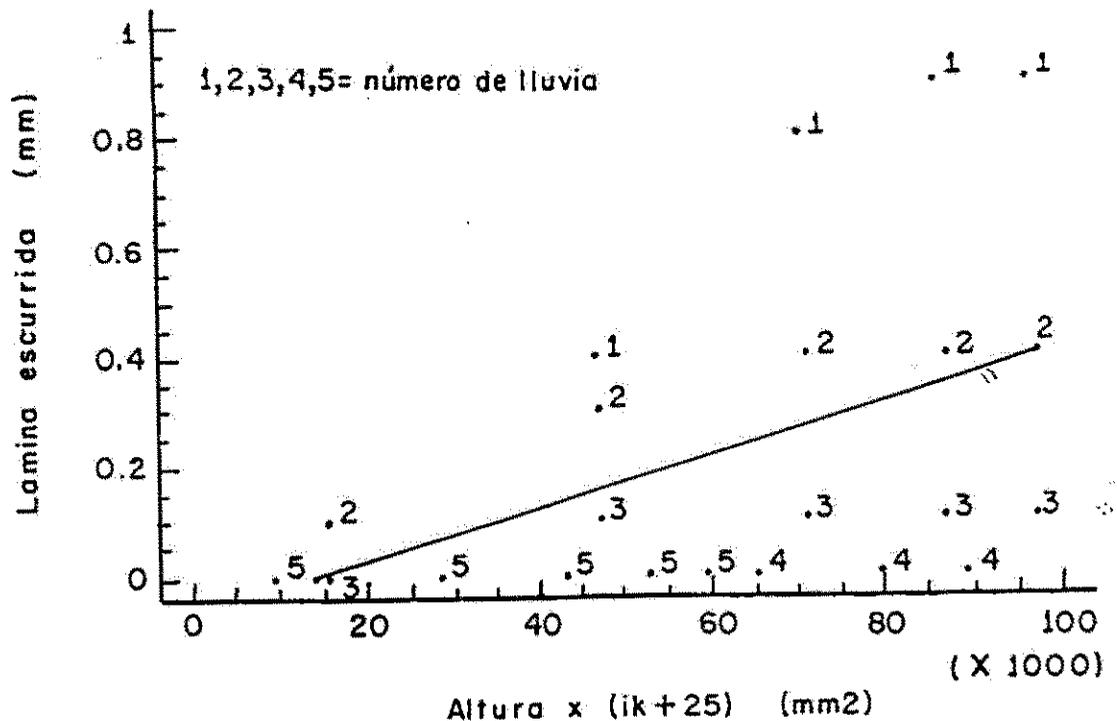
Gráfico No 20



El gráfico No.20, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada, en la parcela de la microcuenca Santo Domingo, con el tratamiento sin talpetate sin cultivo. Con un total de 55 observaciones, 69% de estas se concentran en el rango de 0-10 mm. de la lámina escurrida, el resto pasa este rango alcanzando valores de hasta 40 mm. de escurrimiento. Con un coeficiente de regresión significativo de $R^2=0.81$ y una ecuación de regresión $Lr=-2.2+0.0043X$.

Santo Domingo: pasto denso
DOMI03

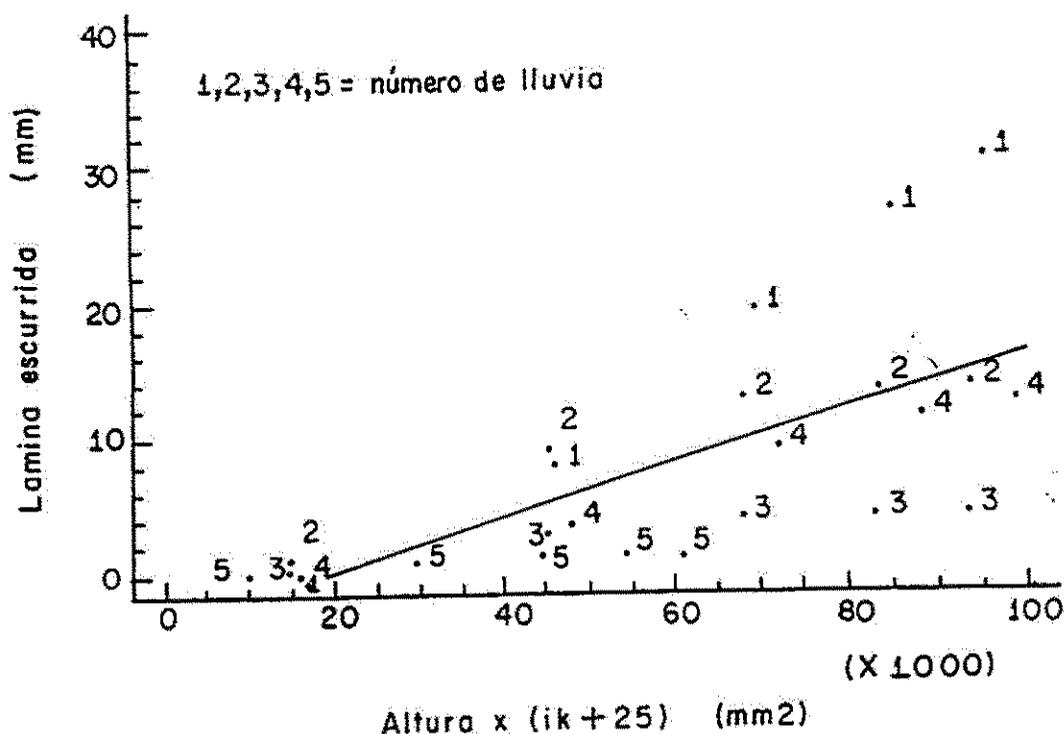
Gráfico No 21



El gráfico No.21, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida, en función de la altura de lluvia aplicada en la parcela de la microcuenca Santo Domingo con el tratamiento Pasto Denso. Con un total de 25 observaciones, las que se comportaron diferente al resto de tratamientos, ya que a medida que se aplicaron las lluvias fue disminuyendo la magnitud de la lámina escurrida hasta llegar a tomar valores de cero escurrimiento con las lluvias 4 y 5. Obteniéndose los valores más altos de escurrimiento durante la primera lluvia que alcanzó un valor máximo de 0.9 mm.

Santo Domingo: pasto degradado
DOMIO4

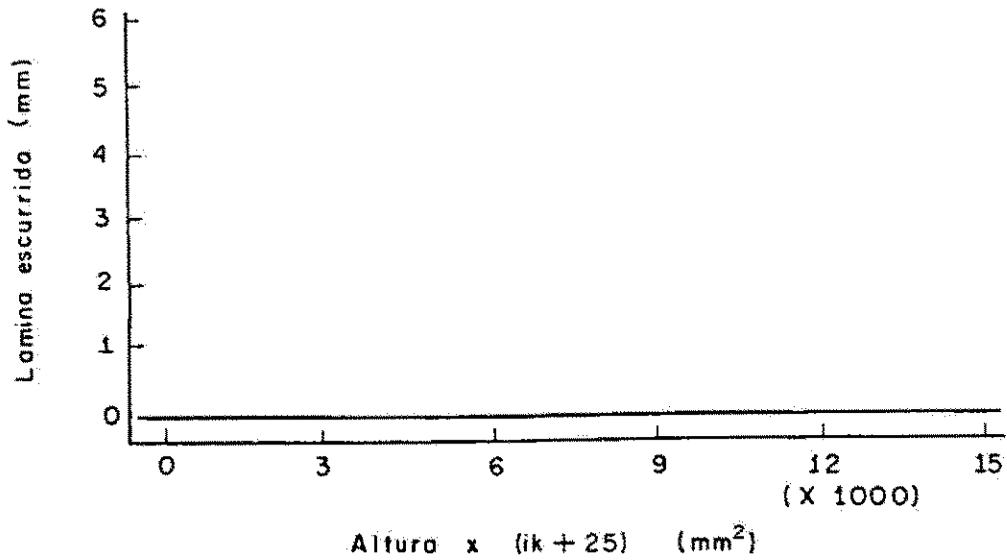
Gráfico No 22



El gráfico No.22, nos muestra la relación existente entre la lámina de agua escurrida en función de la altura de lluvia aplicada en la parcela de la microcuenca Santo Domingo, con el tratamiento Pasto Degradado. Con un total de 25 observaciones, las que se comportaron similar al tratamiento pasto denso, ya que a medida que se aplicaron las lluvias fue disminuyendo la magnitud de la lámina escurrida, hasta tomar valores de 1 mm. de escurrimiento, alcanzando la primera lluvia un valor máximo de 30 mm. de lámina escurrida.

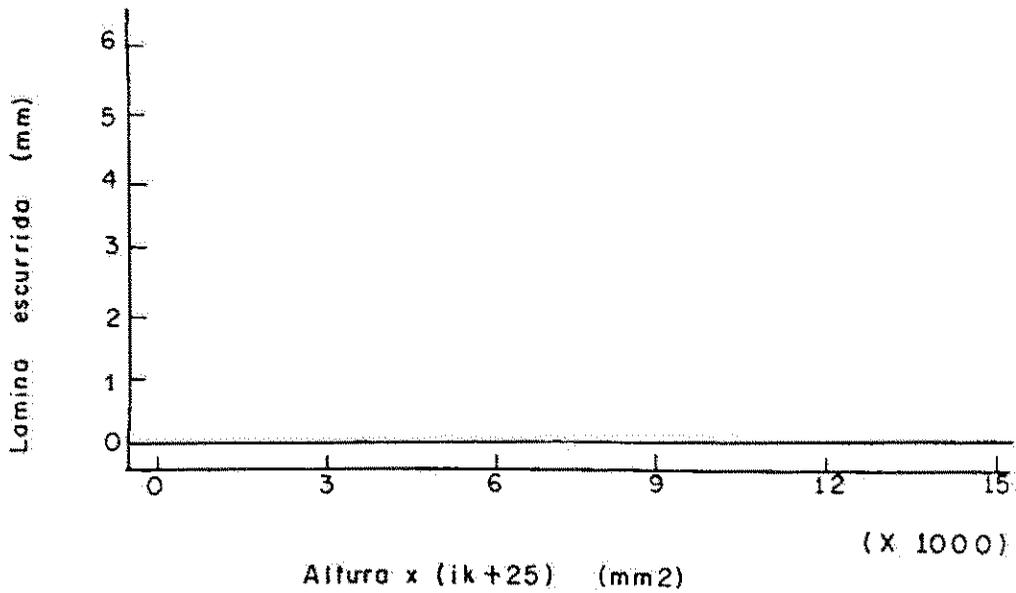
Santo Domingo: talpetate con cultivo de platano
DOMI.01

Gráfico Nº 23



Santo Domingo: sin talpetate con cultivo de platano
DOMI.02

Gráfico Nº 24



V. DISCUSION

En base a los resultados obtenidos a través del análisis de regresión lineal, encontramos que el comportamiento de la lámina escurrida en función de la altura de lluvia, resultó significativo al nivel de $\alpha=0.05$, para todos los tratamientos aplicados. Sin embargo se observó diferencias entre tratamientos.

En el primer protocolo todos los tratamientos con talpetate en la microcuenca Santo Domingo presentaron valores bajos de lámina escurrida. El tratamiento talpetate arado y banqueado registró aún valores menores de esorrentía comparado con el resto de tratamientos. Lo que podría atribuirse a la cantidad de guijarros de talpetate distribuidos en la superficie de la parcela a la incompatibilidad de los mismos con el resto del suelo, no permitiendo la formación de costra en la superficie. Mc Intyre (1958), citado por Lamb.etal (1950), afirma que los suelos pedregosos son menos susceptibles a la erosión, ya que el suelo no solo está protegido por las piedras, sino que la infiltración aumenta a medida que el agua fluye hacia dentro del suelo alrededor de los bordes de las piedras.

Dentro de los tratamientos con talpetate el que más escurrimiento registró fue el tratamiento talpetate intermedio arado y banqueado.

Los tratamientos sin talpetate registraron valores mayores de lámina escurrida con respecto a sus homólogos con talpetate y dentro de estos el que mayor escurrimiento presentó fue el tratamiento sin talpetate arado y banqueado. Lo que podría asumirse a la preparación fina del suelo y al efecto positivo de esta en la formación de costra en los mismos aumentando de esta forma el escurrimiento. (Ver Gráfico No.5).

Foth (1975), FARRES y FAO (1978) AIDAROV (1982), consideran que los impactos de las gotas de lluvia aceleran la desintegración de los agregados y llevan a cabo también una separación de partículas finas, lanzadas al aire. Este proceso causa acumulación de las partículas finas, lanzadas al aire. Este proceso causa acumulación de las partículas más finas en la superficie del suelo, llenando todos los espacios entre las partículas grandes y forman una nata o capa sobre el suelo que permite una entrada muy lenta del agua.

En la microcuenca Sabana Grande el tratamiento arado y banqueado presentó un comportamiento intermedio en comparación con los tratamientos talpetate intermedio arado y banqueado y sin talpetate arado y banqueado en la microcuenca Santo Domingo. Este tratamiento no es comparable con su homólogo talpetate arado y banqueado por sus diferencias en lámina escurrida. (Ver gráficos Nos. 2 y 7).

Este comportamiento se le podría asumir a la estructura de los suelos que conforman la microcuenca Sabana Grande y a la preparación de los mismos, que podrían favorecer la formación de costra en la superficie e incidir en un mayor escurrimiento.

El segundo protocolo referente a la orientación de las prácticas de arado, se encontró que los tratamientos arado a favor o en contra de la pendiente, con talpetate, presentaron menor lámina escurrida que sus homólogos sin talpetate y que los realizados en la microcuenca Sabana Grande. Esto podría deberse al efecto negativo que ejercen los guijarros de talpetate ante la esorrentía, disminuyendo el impacto de las gotas de lluvias y la formación de costra en la superficie. Sin embargo, entre los tratamientos arados a favor o en contra de la pendiente, se encontró que el segundo, independientemente del área en que se realizó mostró un mejor comportamiento en comparación con el tratamiento a favor de la pendiente. En lo referente al efecto de la labor de arado en contra de la pendiente demostró que dicha práctica redujo el escurrimiento. FAO (1978), determinó mediante experimentos en terrenos con pendientes comprendidas entre 4% y 6% que las pérdidas de suelo se reducen a la mitad mediante el sistema de cultivos siguiendo las curvas de nivel al igual que las pérdidas de agua por escurrimiento.

Quizás el número de pruebas aplicadas en cada parcela en la microcuenca Santo Domingo, sean insuficientes. Sin embargo nos muestran el efecto de estos tratamientos ante la escorrentía.

En el caso de los tratamientos en la microcuenca Sabana Grande, se realizaron un mayor número de pruebas y aunque las observaciones no se ajustaron muy bien a la recta de regresión, el comportamiento fue similar a los resultados obtenidos en la microcuenca Santo Domingo, mostrando el tratamiento arado en contra de la pendiente un efecto reductor del escurrimiento. (Ver Gráficos Nos. 9, 11 y 13).

En el tercer protocolo se analizó el comportamiento del suelo con cobertura vegetal ante la escorrentía, se ensayó con tratamientos sembrados con cultivos anuales (arroz y frijol), cultivos semiperennes (plátanos) y cultivos perennes (pasto). Resultando el tratamiento con plátano, como la mejor alternativa desde el punto de vista de manejo conservacionista, ya que no registró escurrimiento aún cuando se le aplicó una lluvia con intensidad de 120 mm/h, durante una hora, después de habersele aplicado las lluvias comunes al resto de tratamientos. Esto podría deberse al aporte de materia orgánica por este cultivo, mejorando las características físico químicas de los suelos. FAO (1978), consedera que la prevención de la obturación mediante coberturas orgánicas muertas o cubiertas vegetativas, mantienen en valores

elevados la velocidad de infiltración y por consiguiente reduce el escurrimiento y la erosión.

Además del tratamiento anterior, el tratamiento con pasto mostró también buen comportamiento, ya que a medida en que se le aplicaron las lluvias, la escorrentía presentó tendencia a valores mínimos. (Ver Gráficos Nos. 21 y 22).

Zennet (1939), reportó que la escorrentía y erosión procedentes de buenos pastizales o de bosques son pequeños a menudo representan menos del 5 y del 1% de las pérdidas en un suelo desnudo. Woodward (1943), considera que los escurrimientos son bajos debido a que las tasas de infiltración del agua através de la superficie cubierta de vegetación son altas en comparación con los del suelo desnudo, ya que los suelos cubiertos de vegetación con frecuencia tienen una mejor estructura y agregados más estables. El resto de los tratamientos no presentaron diferencia significativa en lo referente a lámina escurrida, entre los tratamientos con y sin talpetate, aún cuando en algunos tratamientos, los surcos fueron trazados en contra de la pendiente. Esto podría deberse a que cuando el talpetate es preparado en fracciones más finas, los tratamientos con talpetate se comportan similar a sus homólogos sin talpetate.

Los resultados obtenidos en las parcelas con los tratamientos con cultivo de plátano, fueron indicativos del efecto positivo de la cobertura vegetal semiperenne, ante la escorrentía, ya que a estos

tratamientos, además de aplicárseles las lluvias comunes al resto de tratamientos, se les aplicó una lluvia extra de 120/mm/h durante una hora, sin obtener escurrimiento alguno. Ver Gráficos Nos. 23 y 24.

VI. CONCLUSIONES

- Todos los tratamientos con talpetate exceptuando los realizados con cultivos anuales con preparación fina de suelo, presentaron tendencia a disminuir la escorrentía.
- No existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos en los tratamientos de la microcuenca Sabana Grande y los resultados de los tratamientos obtenidos en la microcuenca Santo Domingo en los tratamiento sin talpetate.
- La orientación de la aradura en contra de la pendiente presentó mejores resultados en lo referente a la disminución de la lámina escurrida.
- No existe diferencia significativa entre los tratamientos realizados con cultivos anuales en lo referente a lámina de agua escurrida.
- Los cultivos de plátano y pasto presentaron buen comportamiento en lo referente a la disminución del escurrimiento, siendo el primero la mejor alternativa de manejo en la zona de estudio, aún cuando se le aplica lluvias de mayor intensidad y duración.

VII. RECOMENDACIONES

- Es necesario la multiplicidad de este tipo de ensayos a nivel nacional para poder determinar el comportamiento hidrodinámico de los diferentes tipos de suelo, lo que nos permitirá obtener las bases para normar el uso y manejo adecuado de los recursos.

- Se requiere ordenar el uso y manejo de las áreas en la parte alta y media de la Cuenca Sur del Lago de Managua orientado los usos a cultivos perennes y/o semiperennes para minimizar el escurrimiento y por ende el fenómeno erosivo.

- Tomando en consideración el comportamiento de las parcelas aradas y banqueadas sin talpetate, y a la similitud en cuanto al origen de los suelos de la Cuenca Sur con el resto de los suelos del Pacífico, es necesario revisar el intenso uso de maquinaria en la preparación de los mismos, con el fin de reducir el escurrimiento y el fenómeno erosivo.

VIII. BIBLIOGRAFIA

AIDAROV. 1982, El Riego

Editorial Mir traducido al español de la edición rusa revisada y ampliada.

Moscú. (365 pág)

ASSELINÉ. 1988, El simulador de lluvia una herramienta para la caracterización hidrodinámica de los suelos.

Chihuahua, México. (16 pág)

BENNET. 1939, Citado por M.J. KirkBy - 1984. Erosión hídrica y eólica de suelos.

Editorial Limusa S.A. primera edición. Impreso en México.

México. (350 pág)

CONTANTINESCO I. 1976, Conservación de Suelos para los países en desarrollo. Boletín de suelos de la FAO (30) servicio de recursos fomento y conservación de suelos. Dirección de fomentos de tierra y agua.

Roma. (88 pág)

ELLINSON. 1944, Citado por G.L. Shepashenko y Mario Riverol.

Ciencias de la Agricultura No. 21. Academia de Ciencias de Cuba.

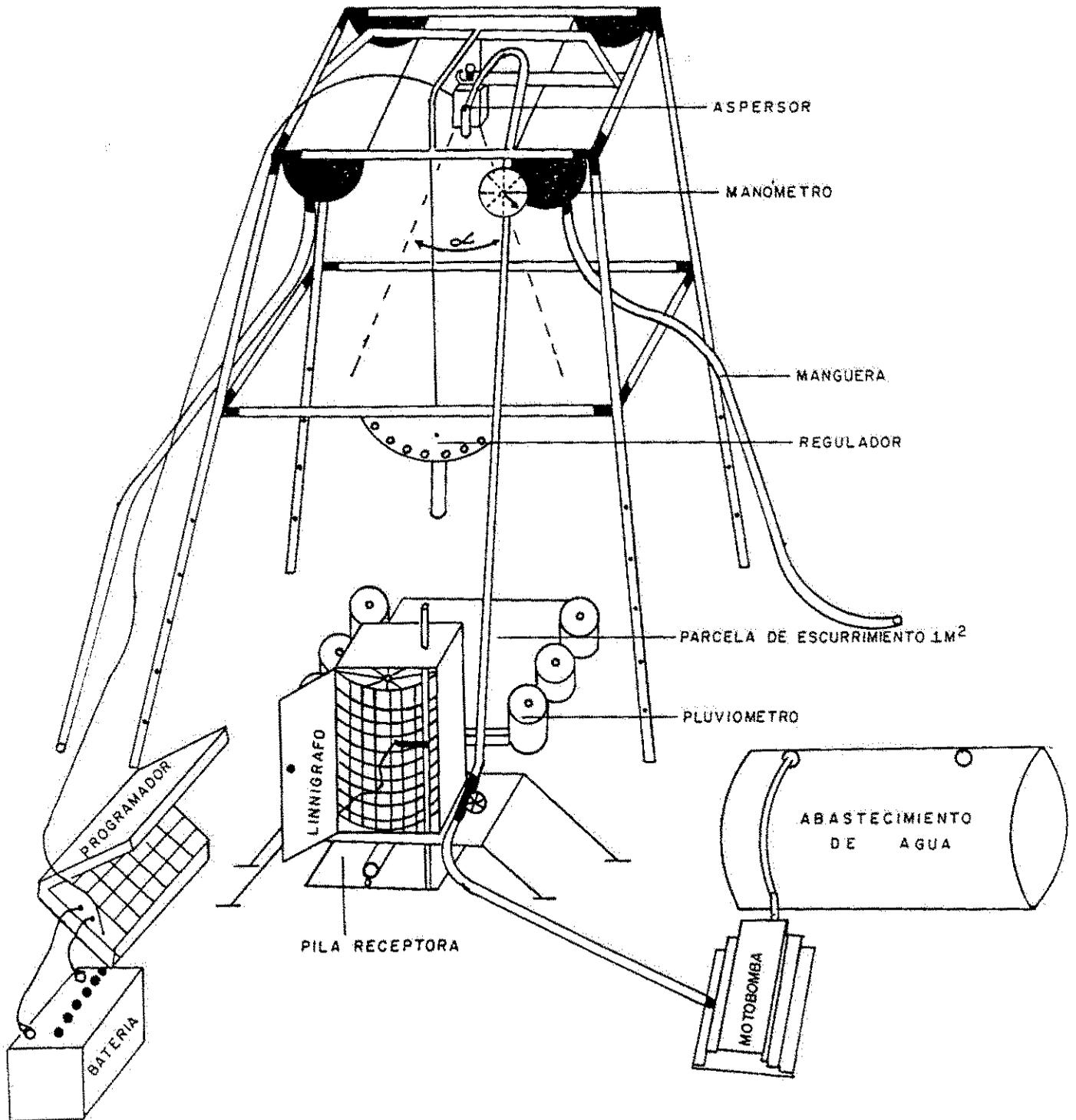
- FAO. 1978, La erosión del suelo por el agua, algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo.
Primera Edición.
Roma. (207 pág)
- FARRES. 1978, Citado por M.j Kirkby. 1984.
Erosión hídrica y eólica de suelos.
Primera Edición.
México. (350 pág)
- FORNIER. 1975, Citado por Malagón D. 1978. Fundamentos de suelos útiles en la conservación de los mismos.
CIDIAT - Venezuela
Mérida, Venezuela. (54 pág)
- FOTH. D. 1975, Fundamentos de la ciencia del suelo
Primera Edición en español de la quinta edición en inglés.
Editorial Continental.
México. (527 pág)
- GUNN. 1949, Citado por la revista CATENA soil TECHNOGY. vol. 2,
Cremlingen - 1989. (Pág. 17 y 26)

- HUFSCHMIDF M. 1986, A conceptual framework for analysis watershed management. Activities en strategies, approaches and system integrated watershed management.
Roma.
- INEC. 1980, Población de Nicaragua, Boletín Demográfico No. 1.
Segunda Edición.
Managua. (53 pág)
- IRENA. 1982, Información básica, propuesta preliminar de ordenamiento análisis y discusión de la Cuenca Sur del Lago de Managua.
Managua, Nicaragua. (29 pág)
- KINZER. 1949, Citado por la revista CATENA Soil TECHNOLOGY Vol. Cremlingen - 1989. (Pág. 17 y 26)
- LAMB. 1950, Citado M.j. Kirkby 1984. Erosión hídrica y eólica de suelos. Primera Edición.
México. (350 pág)
- LAWS. 1941. Citado por la revista CATENA Soil TECHNOLOGY Vol. 2. Cremlingen - 1989. (Pág. 17 y 26)

- M.C. INTYRE. 1958, Citado por Lamb en el libro M.j. Kirkby 1984.
Erosión hídrica y eólica de suelos. Primera Edición.
México. (350 pág)
- MALAGON D. 1978, Fundamentos de suelos útiles en la conservación
de los mismos. CIDIAT
Mérida - Venezuela. (54 pág)
- MARIN. 1969, Suelos volcánicos de la región pacífico de
Nicaragua.
Managua, Nicaragua (71 pág)
- MARIN. 1972, Características de los suelos derivados de cenizas
volcánicas de la región Pacífico de Nicaragua.
Managua, Nicaragua. (18 pág)
- SANCHEZ P. 1981, Suelos del trópico, características y manejo.
Traducido por Edelberto Camacho.
San José, Costa Rica. (634 pág)

IX. ANEXOS

ESQUEMA DEL MINISIMULADOR DE LLUVIA UTILIZADO EN LA CUENCA SUR DEL LAGO DE MANAGUA

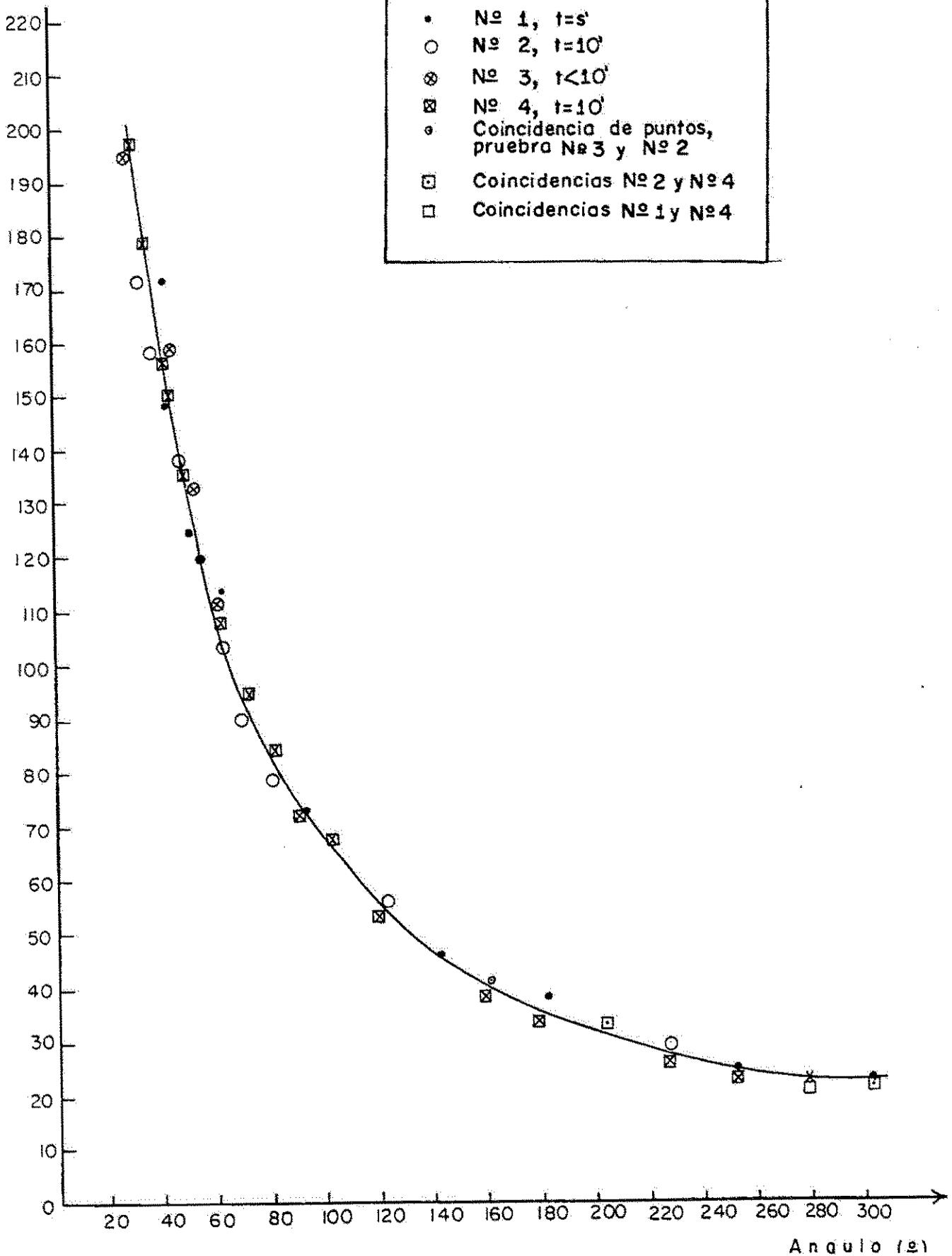


CALIBRACION SIMULADOR 90

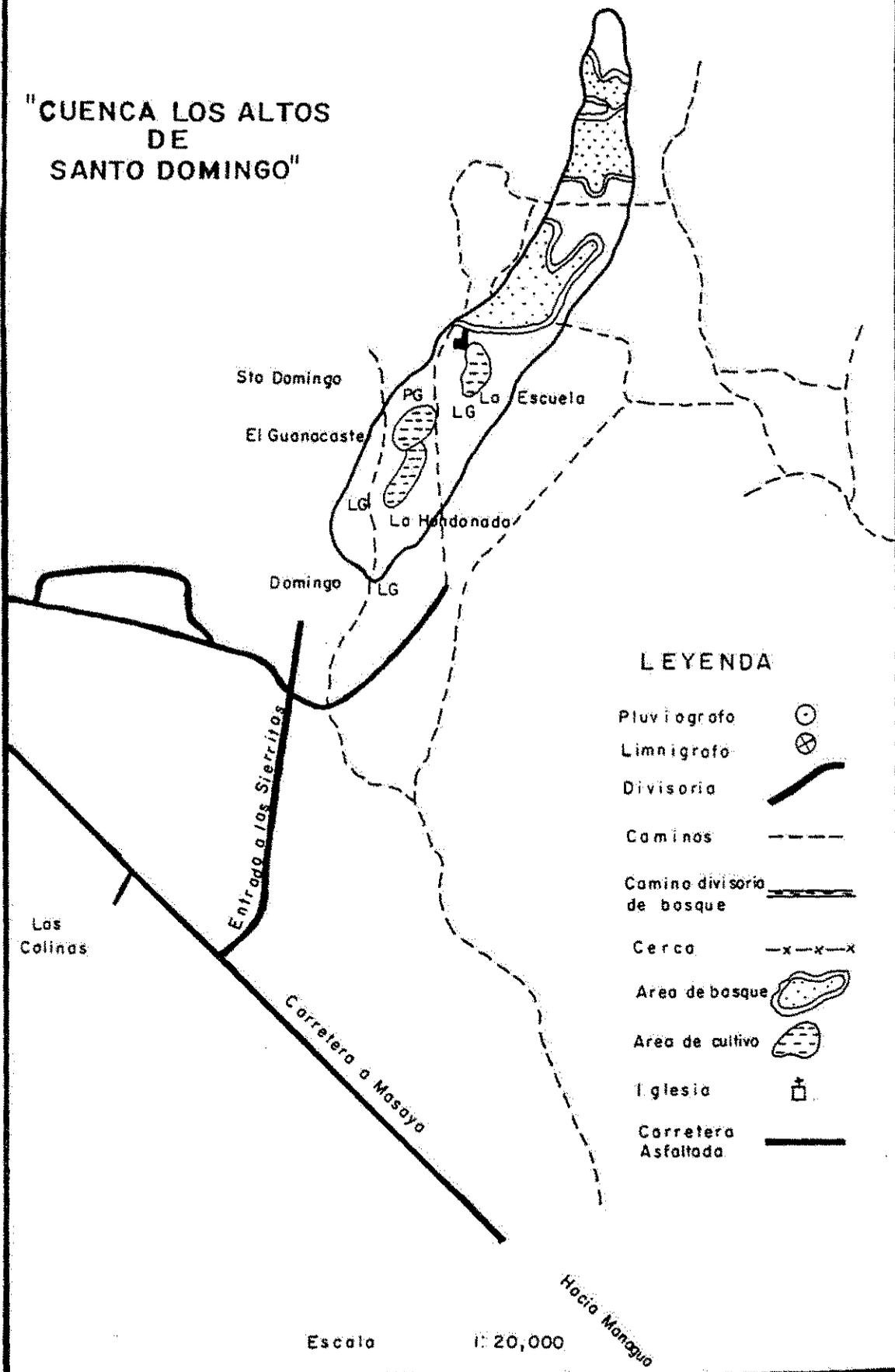
K=1.15

I (mm/h)

LEYENDA	
•	Nº 1, t=s'
○	Nº 2, t=10'
⊗	Nº 3, t<10'
⊠	Nº 4, t=10'
◦	Coincidencia de puntos, prueba Nº 3 y Nº 2
⊡	Coincidencias Nº 2 y Nº 4
□	Coincidencias Nº 1 y Nº 4



"CUENCA LOS ALTOS DE SANTO DOMINGO"

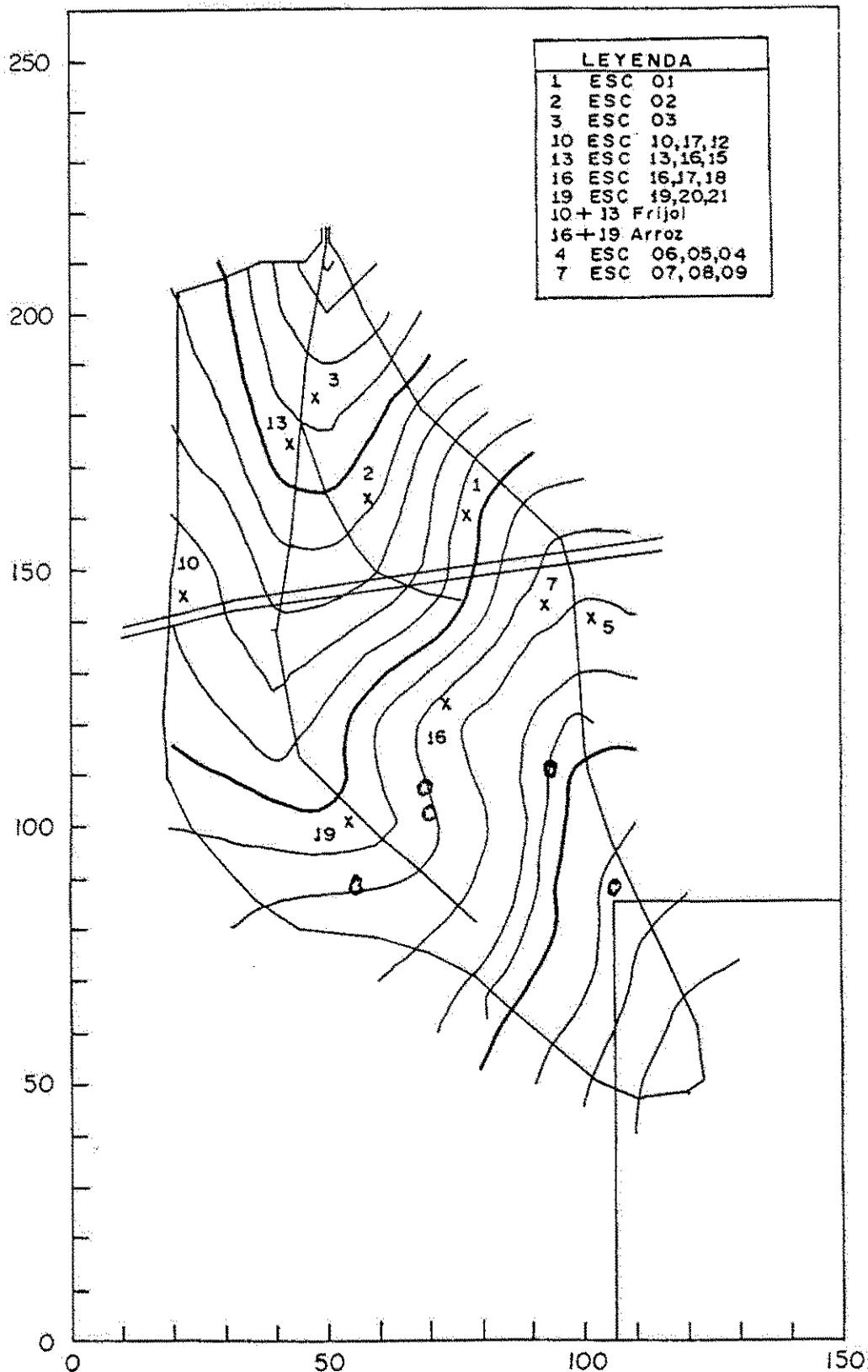


Escala

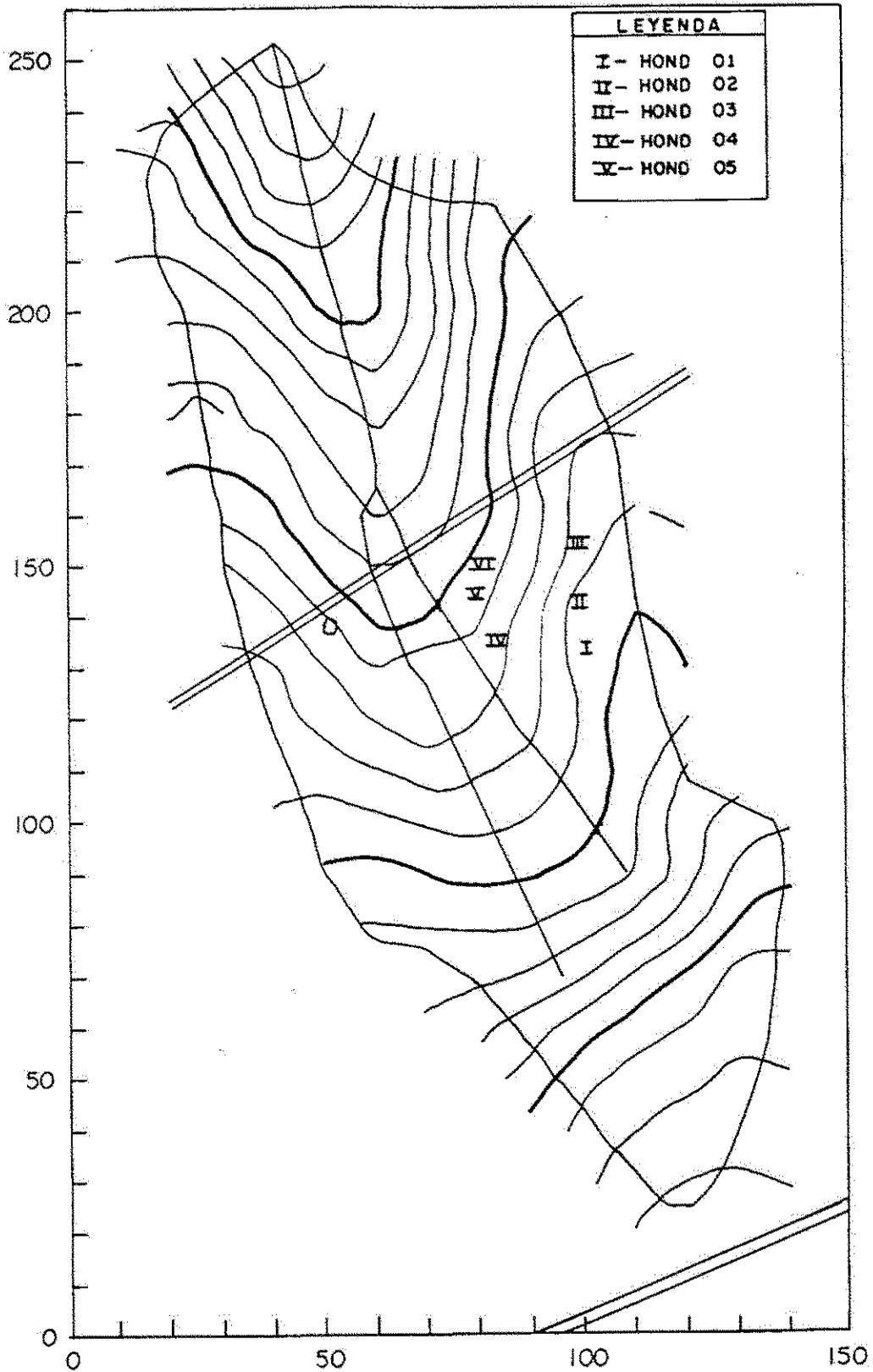
1:20,000

Hacia Managua

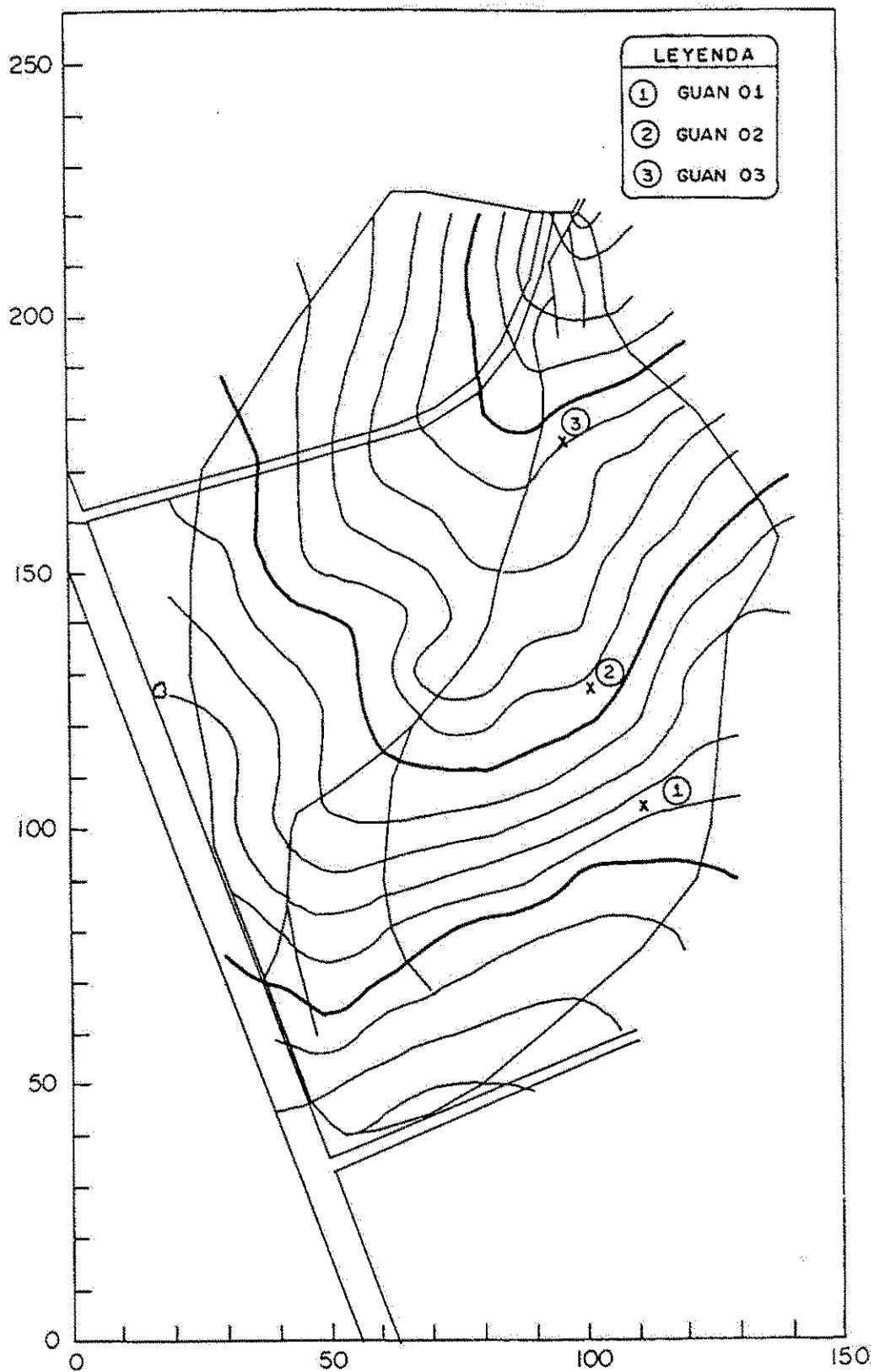
UBICACION DE LA PARCELAS DE SIMULACION Microcuenca La Escuela (Mapa Fisico)



UBICACION DE LA PARCELAS DE SIMULACION Microcuenca La Hondonada (Mapa Fisico)



UBICACION DE LA PARCELAS DE SIMULACION Microcuencia El Guanacaste (Mapa Fisico)



DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DE LAS PARCELAS ORSTOM-IRENA 1988

1. CARACTERISTICAS DEL RECURRIMIENTO DEL SUELO (EN % DE LA SUPERFICIE TOTAL)

- 1.1 Recubrimiento por la vegetación viva.....
- 1.2 Recubrimiento por los desechos (raíces, hojas, etc)...
- 1.3 Recubrimiento por arenas libres.....
- 1.4 Recubrimiento por los guijarros encastrados.....
- 1.5 Recubrimiento por los agregados libres.....
- 1.6 Recubrimiento por los agregados encastrados.....
- 1.7 Recubrimiento por una costra de batidez.....
- 1.8 Recubrimiento por algo característico del lugar de
experimentación (arena, costra de sal, etc).....

2. ORGANIZACIONES SUPERFICIALES DEL SUELO

- 2.1 Micro-relieve (0 a 4).....
- 2.2 Descripción de las formas generales del
micro-relieve (zanja, trazas de arado, etc).....
- 2.3 Micro-organismos vegetales sobre la superficie del
suelo (hongos, algas, etc) (0 a 3).....
- 2.4 Actividad de la fauna del suelo (lombrices,
hormigas, etc) (0-3).....
- 2.5 Grietas (0 a 4).....
- 2.6 Hidromorfía (manchas, etc) (0-3).....
- 2.7 Película de batidez
 - 2.7.1 Porosidad vesicular, número, espesor (0-3).....
 - 2.7.2 Continuidad de la costra (0-3).....
 - 2.7.3 Espesor de la costra (0-3).....
- 2.8 Estimación de la erosión entre 2 pruebas de simula-
ción (0 a 3).....

3. DESCRIPCION DEL PERFIL DE SUELO

- 3.1 Profundidad de aparición de un horizonte con drenaje
débil (en cm).....
- 3.2 Textura.....
- 3.3 Porosidad global (0 a 3).....
- 3.4 Trazas de hidromorfía (0 a 3).....
- 3.5 Clases de drenaje (definirla).....
- 3.6 Pendiente ($dy/dx = \%$).....