

# **Universidad Nacional Agraria La Molina**

**Escuela de Post - Grado**

**Especialidad de Suelos**



## **“Efecto de Sistemas de Cultivos sobre la Escorrentía, Erosión y Pérdida de Nutrientes en un Entisol de la Selva Alta – CAP José Santos Atahualpa – San Ramón - Chanchamayo**

**Tesis para optar el Grado de**

**MAGISTER SCIENTIAE**

**y Título de**

**INGENIERO AGRONOMO**

**Braulio La Torre Martínez**

**LIMA - PERU**

**1985**

## INDICE

	<u>PAGINA</u>
RESUMEN	10
I. INTRODUCCION	12
II. REVISION DE LITERATURA	14
2.1 Concepto de Erosión	14
2.2 Clases de Erosión	15
2.2.1 Erosión hídrica	15
2.2.2 Erosión eólica	15
2.3 Mecanismos del Proceso Erosivo	16
2.4 Factores de la Erosión del Suelo	17
2.4.1 Erosividad de las lluvias	18
2.4.2 Erodabilidad del suelo	29
2.4.3 Cobertura vegetal	32
2.4.4 Sistemas de manejo del suelo y del cultivo	34
2.5 Pérdida de Nutrientes del Suelo por Efecto de la Erosión	45
III. MATERIALES Y METODOS	52
3.1 Ubicación y Descripción del Campo Ex <sub>per</sub> imental	52
3.1.1 Ubicación	52
3.1.2 Clima	52
3.1.3 Fisiografía y pendiente	58
3.1.4 Vegetación	58
3.1.5 Caracterización general del suelo	58
3.1.6 Clima del suelo	61

3.2	Parcelas Experimentales	63
3.3	Dispositivo Experimental	63
3.4	Método Experimental	67
3.4.1	Método de campo	67
3.4.2	Método de laboratorio	68
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	70
4.1	En Rotaciones de Cultivos	70
4.1.1	Cultivo de maíz	70
4.1.2	Cultivo de frijol	77
4.1.3	Cultivo de papa	82
4.1.4	Cultivo de maní	87
4.1.5	Cultivo de yuca	92
4.1.6	Rotación maíz-frijol-papa (Cam paña Agrícola 1978-79)	97
4.1.7	Rotación maní-yuca (Campaña Agrícola 1979-80)	102
4.2	En Cultivos Intercalados y Asociados	108
4.2.1	Cultivo intercalado maíz-papa	110
4.2.2	Cultivo asociado frijol-yuca	115
4.3	Análisis Económico	119
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
VI.	BIBLIOGRAFIA	126
VII.	ANEXO	137

## INDICE DE CUADROS

<u>NUMERO</u>		<u>PAGINA</u>
1	Relación entre el tamaño de gota y velocidad terminal	24
2	Efecto de la velocidad del viento en la distribución del suelo	27
3	Comparación de pérdida de suelo y escorrentía con monocultivo (yuca) y mezcla de cultivos (yuca con maíz) en un alfisol de Ibadan	35
4	Pérdida media anual de agua por escurrimiento y de suelo en un terreno franco limoso	36
5	Datos experimentales sobre pérdida de suelo y agua en rotaciones de cultivo	38
6	Medida de la erosión y contenidos de nutrientes calculados de sedimentos de cuatro cultivos bajo dos sistemas de cultivo 1947-1950	48
7	Datos de temperatura, evapotranspiración y precipitación pluvial mensual registrados en la Estación Meteorológica de San Ramón (Período 1961-1978)	57
8	Análisis físico-químico del suelo	60
9	Distribución cronológica de tratamientos en el experimento	66
10	Valores de escorrentía, erosión y rendimiento correspondientes al cultivo de maíz. Período 28-09-78/2-2-79	71
11	Valores de pérdida de nutrientes en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado durante el cultivo de maíz período 28-09-78/2-2-79	72
12	Valores de escorrentía, erosión y rendimiento correspondientes al cultivo de frijol. Período 3-2-79/24-4-79	78
13	Valores de pérdida de nutrientes en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado durante el cultivo de frijol. Período 3-2-79/24-4-79	79

NUMEROPAGINA

14	Valores de escorrentía, erosión del suelo y rendimiento correspondientes al cultivo de papa. Período 5-5-79/4-9-79	83
15	Valores de pérdida de nutrientes en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado durante el cultivo de papa. Período 5-5-79/4-9-79	85
16	Valores de escorrentía, erosión del suelo y rendimiento correspondientes al cultivo de maní. Período 5-9-79/29-12-79	88
17	Valores de pérdida de nutrientes en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado durante el cultivo de maní. Período 5-9-79/29-12-79	90
18	Valores de escorrentía, erosión del suelo y rendimiento correspondientes al cultivo de yuca. Período 30-12-79/1-10-80	93
19	Valores de pérdida de nutrientes en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado durante el cultivo de yuca. Período 30-12-79/1-10-80	95
20	Valores de escorrentía y erosión del suelo correspondientes a la rotación maíz-frijol-papa. Campaña agrícola 1978-79	98
21	Valores de pérdida de nutrientes en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado durante la campaña 1978/1979. Rotación maíz-frijol-papa	100
22	Valores de escorrentía y erosión del suelo correspondientes a la rotación maní-yuca. Campaña agrícola 1979-80	104
23	Valores de pérdida de nutrientes en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado durante la campaña 1979/1980. Rotación maní-yuca	106
24	Valores de erosión escorrentía y rendimiento en rotaciones de cultivos intercalados y asociados	109
25	Valores de escorrentía, erosión y rendimiento del cultivo intercalado maíz-papa con diferentes épocas de cultivo	112

NUMERO

PAGINA

26	Valores de pérdida de nutrientes en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado durante el período del cultivo intercalado. Maíz-papa	112
27	Valores de escorrentía, erosión y rendimiento de cultivos asociados frijol-yuca en diferentes épocas de cultivo	116
28	Valores de pérdida de nutrientes, en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado durante el período del cultivo asociado frijol-yuca	116
29	Variación de los costos de producción, rendimiento, valor bruto de la producción neta y erosión de cada cultivo durante la rotación y la práctica aplicada	121

## INDICE DE GRAFICOS

<u>NUMERO</u>		<u>PAGINA</u>
1	Distribución mensual de temperatura promedio, máximas y mínimas (1961-1978) San Ramón	54
2	Distribución del promedio mensual de lluvias y evapotranspiración en San Ramón (1961-1978)	57
3	Erosión, escorrentía y rendimiento producidos durante el cultivo de maíz. Período 28-09-78/02-02-79 (San Ramón-Chanchamayo)	75
4	Erosión, escorrentía y rendimiento producidos durante el cultivo de frijol. Período 03-02-79/24-04-79 (San Ramón-Chanchamayo)	80
5	Erosión, escorrentía y rendimiento producidos durante el cultivo de papa. Período 05-05-79/04-09-79 (San Ramón-Chanchamayo)	86
6	Erosión, escorrentía y rendimiento producidos durante el cultivo de maní. Período 05-09-79/29-12-79 (San Ramón-Chanchamayo)	91
7	Erosión, escorrentía y rendimiento producidos durante el cultivo de yuca. Período 30-10-79/30-12-79 (San Ramón-Chanchamayo)	96
8	Erosión y escorrentía correspondiente a la rotación: maíz-frijol-papa 1978/1979	101
9	Erosión y escorrentía correspondiente a la rotación: maní-yuca 1979/1980	107
10	Distribución cronológica de los tratamientos, rendimientos (Tn/ha) por cultivo y la precipitación mensual durante el experimento	118

## INDICE DE FOTOS Y MAPA

<u>NUMERO</u>		<u>PAGINA</u>
1 y 2	Vista de dos parcelas de escorrentía con el cultivo de maíz conducido en el sentido de la máxima pendiente con fertilización (1) y sin fertilización (2)	73
3	Vista de una parcela de maíz, donde se aprecia el rastrojo proveniente del cultivo anterior (asociación de pastos) que actúa a manera de "mulch" protegiendo al suelo de la acción erosiva de las lluvias	76
4	Vista de una parcela de escorrentía con el cultivo intercalado maíz-papa	114
5	Vista de una parcela de escorrentía con el cultivo asociado frijol-yuca	114
1	Ubicación experimental	53

## SUMMARY

The effect of different crop systems on soil water and nutrient losses on runoff water plots was studied over the hydric erosion in an Entisol of the High Central Jungle of Peru; San Ramon, Chanchamayo during two continuous years cropping (1978-79 and 1979-80).

The research work was carried out on a declivity with 20% of slope and 800 meter over the sea level.

The treatments on studied were: Bare soil; maize-bean-potato-peanut-cassava rotation with and without fertilization; the above mentioned rotation plus "mulch" and fertilization; rotation of two systems; maize-potato interplanting and manihot-bean intercropping in two different planting dates.

1978-1979 agricultural period a 1636 mm of precipitation was registered distributed mainly between October to May. Which determined highest losses of the soil on the bare soil treatment with a 45.3 ton/ha and the lowest losses corresponding to the treatment including "mulch" and fertilization with 3.8 ton/ha.

In 1979-80 agricultural period a 1484.2 mm of precipitation was recorded. Highest soil losses corresponded to the fertilized treatment with 70.4 ton/ha and the lowest

with 12.1 ton/ha corresponded to the treatment including "mulch".

Rawstrows or residues of plant crops applied as "mulch" are an adequate measure on soil conservation, they reduced the erosion in 9 times during 1978-79 crop period and in 6 times over the 1979-80 period, comparing the same cropping rotation without applying this cultural practices.

RESUMEN

En la Selva Alta Central del Perú, en San Ramón-Provincia de Chanchamayo, se realizó un estudio de la erosión hídrica en un Entisol, durante dos campañas agrícolas (1978-79 y 1979-80) evaluándose el efecto de diferentes sistemas de cultivo en la pérdida de suelo, agua y nutrientes mediante el uso de las parcelas de escorrentía.

La investigación se desarrolló en una ladera de 20% de pendiente y 800 m.s.n.m.

Los tratamientos en estudio fueron: Suelo desnudo; Rotación maíz-frijol-papa-maní-yuca, sin y con fertilización; la misma rotación con "mulch" y fertilización; y la Rotación de cultivos asociados (yuca+frijol)-(Maíz+papa) en dos épocas de siembra.

En la campaña 1978-79, se registró una precipitación de 1,636 mm y se determinaron las mayores pérdidas de suelo en el tratamiento de suelo desnudo con 45.3 ton/ha correspondiendo las menores pérdidas al tratamiento con mulch y fertilización con 3.8 ton/ha.

En la campaña 1979-80, se registró una precipitación de 1,484 mm distribuida principalmente entre los meses Diciembre y Abril. Las mayores pérdidas de suelo correspondieron al tratamiento con fertilización con 70.4 ton/ha y las

menores al tratamiento con "mulch" y fertilización, con 12.1 ton/ha.

La aplicación de rastrojos de los cultivos como "mulch", es una medida muy favorable en la conservación de suelos habiéndose observado una notable reducción de la erosión en las dos campañas agrícolas.

## I. INTRODUCCION

El futuro de América y posiblemente del mundo entero se encuentra fundamentalmente dependiente al éxito o fracaso del hombre para comprender y aprovechar racionalmente el ambiente de los trópicos.

La agricultura como actividad económico-productiva, en la zona de selva alta requiere de un manejo adecuado del recurso suelo para evitar su degradación en forma acelerada y poder así establecer una agricultura económicamente rentable.

Por los resultados que se observan en nuestra región montañosa, penosamente se aprecia que muchos de estos ecosistemas se están degradando por efecto de prácticas de manejo de suelos deficientes, tanto en terrenos agrícolas, bosques naturales y pastizales. Proceso degenerativo que trae consigo la disminución del valor agrológico del suelo, hasta niveles tan bajos que provocan una reducción de la frontera agrícola.

Las pérdidas de agua, suelo y nutrientes por acción de las lluvias pueden disminuir con la aplicación de prácticas agronómicas de conservación del suelo.

Por lo expresado es que se llevó a cabo el presente estudio de erosión hídrica y sus medidas de control en la lo-

calidad de San Ramón ubicada en la selva alta-central.

Los objetivos del presente estudio fueron:

1. Evaluar la susceptibilidad del suelo a la acción erosiva de la lluvia.
2. Determinar el efecto de diferentes prácticas agrícolas en la pérdida de suelo, agua y nutrientes.
3. Seleccionar los sistemas de cultivos más eficientes en la conservación del suelo, rendimiento de cultivos y factibles de ser aplicados por el agricultor.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 CONCEPTO DE EROSION

La palabra "erosión" significa depresión o rebajamiento producida en la superficie de un cuerpo, por el roce de otro. Es la degradación progresiva producida en los terrenos por las aguas o por el viento. Esto de acuerdo con el diccionario de la lengua Española (18).

"Erosión geológica" es el desgaste natural que sufre la superficie terrestre sin la intervención antrópica, es conocida también como erosión normal, considerándosele como un proceso natural en el que la pérdida de material es restituido por la creación o génesis del nuevo suelo.

En muchos casos, por diferentes causas, la pérdida de material es mucho mayor que la formación de suelo, se produce entonces la "erosión" acelerada. Los horizontes superficiales, generalmente los más ricos en nutrientes se pierden definitivamente, y al intensificarse la erosión el suelo se destruye totalmente. Generalmente esto ocurre con la llegada del hombre y su intervención en el suelo y la cobertura vegetal, este proceso también es llamado "erosión antrópica".

Roquero (53), define erosión del suelo como un proceso debido a los agentes naturales -viento, lluvia, corrientes de agua- que actúan sobre el suelo, considerado como formación pedológica, afectando su integridad, arrebatándole sus elementos constitutivos que son trasladados a otro lugar.

## 2.2 CLASES DE EROSION DEL SUELO

### 2.2.1 Erosión Hídrica

Es el proceso erosivo causado por acción del agua. Por lo general la lluvia llega a la superficie del suelo, parte de ella se infiltra y parte de ella escurre sobre la superficie transportando el material suelto en suspensión.

La acción del agua se manifiesta en diversos tipos o formas de erosión: erosión laminar, erosión en surcos, erosión en cárcavas y formas diversas de remoción en masa.

### 2.2.2 Erosión Eólica

Es el proceso erosivo del suelo producida por la acción energética del viento sobre las partículas del suelo. Dicha energía se manifiesta por mecanismos tales como la saltación, rodamientos y suspensión.

En la presente investigación nos dedicamos es  
pecíficamente a la erosión hídrica, la cual  
es predominante en regiones húmedas y en te-  
rrenos con pendientes.

La erosión hídrica en nuestro país es muy se-  
vera y está afectando más del 90% de la superer  
ficie. Proceso que se origina en la parte su-  
perior de las cuencas de la Costa, Sierra y  
Selva. (19)

### 2.3 MECANISMOS DEL PROCESO EROSIVO

El fenómeno erosivo se presenta de dos maneras fundamen  
tales, cada cual con sus propios mecanismos.

En una de ellas, el ataque de las lluvias al suelo  
es en su parte superficial y los elementos sólidos  
son arrastrados en forma separada debido a la disgrega  
ción.

En la otra forma el agua ataca no sólo la superficie  
del suelo sino en la profundidad de todo el perfil.  
En esta forma toda la masa húmeda de suelo es suscepti  
tible de ser arrastrada.

En el proceso erosivo se distinguen tres fases:

- Disgregación y arrastre por efecto de las gotas de  
lluvia.

- Arrastre de las partículas por la escorrentía superficial.
- Transporte de las partículas de suelo. (56)

#### 2.4 FACTORES DE LA EROSION DEL SUELO

La erosión del suelo es el resultado de la intervención conjunta de varios factores que actuando en forma directa o indirecta incrementan o disminuyen el proceso.

Los factores directos son el clima a través de las lluvias, la naturaleza del suelo y la topografía, siendo los dos primeros, factores que muy difícilmente pueden ser modificados.

Los factores indirectos, son aquellos debidos a la intervención de la actividad humana, podemos distinguir así factores humanos, factores económico-sociales y factores agrotécnicos. Siendo estos elementos los de más fácil modificación, es en donde deben poner los mayores esfuerzos a todo nivel para disminuir el proceso erosivo, esto a través de políticas adecuadas de manejo de los recursos no renovables, uno de los cuales y el más importante es el suelo.

Hemos de considerar como los factores más importantes de la erosión hídrica a la erosividad de las lluvias, la erodabilidad del suelo, el grado de la pen-

diente, la cobertura vegetal y los sistemas de manejo de los suelos.

#### 2.4.1 Erosividad de las Lluvias

El clima se exterioriza primordialmente a través de la precipitación, lo que constituye el agente activo y factor preponderante en este proceso destructivo, al cual se le denomina erosividad que específicamente se refiere a la capacidad potencial de la lluvia para causar erosión.

Las precipitaciones se caracterizan por su altura, intensidad y su frecuencia. La altura total es de menor importancia que su distribución, intensidad y frecuencia en que se presentan las lluvias torrenciales (Fournier (27, 28), Robinson (62)).

En condiciones tropicales y subtropicales, las lluvias son más erosivas que en las regiones de clima templado debido a la alta intensidad (se han registrado lluvias de 15 cm por hora), lo cual produce la escorrentía superficial (Robinson (62), Greandland y Lal (44)).

La mayor cantidad de lluvias del área tropical son de la categoría erosiva, mientras en

el área templada sólo del 5 al 10% de lluvia son calificadas de erosivas. Generalmente las precipitaciones en las zonas tropicales están acompañadas de fuertes vientos, los cuales incrementan su agresividad (Greandland y Lal (44)).

### 1. Energía Cinética de la Lluvia

Como hemos visto, para el inicio del proceso erosivo es necesario el ataque de la lluvia sobre el suelo para formar elementos susceptibles de ser arrastrados por el agua.

El ataque del suelo por la gota de lluvia es a través de la energía que ésta trae a través de su cuerpo. Al precipitarse una gota de lluvia al suelo posee una energía cinética  $= 1/2 m v^2$  producto de su masa y velocidad de caída.

La energía cinética de una lluvia depende de la energía de las gotas de agua que la integran, lo cual le confiere una erosividad. Es posible calcularla conociendo el tamaño de las gotas de agua, su cantidad y distribución por tamaño en la duración de la precipitación. La energía cinética es el producto de varios factores entre los cuales tenemos:

-Intensidad de las lluvias

La intensidad de las lluvias es el factor más importante que afecta la escorrentía y la erosión.

Buscando una relación entre la intensidad pluviométrica y la energía cinética, investigadores como Wischmeier y Smith (88), encontraron una relación, según la fórmula:

$$EK = 210.3 + 89 \text{ Log. } I$$

Donde:

EK = es la energía cinética en toneladas por Ha por cm de lluvia.

I = la intensidad de lluvia por cm/hora.

Tamhane y colaboradores (76) encontraron una relación exponencial entre escorrentía e intensidad y entre erosión e intensidad pluviométrica.

En el Centro de Investigaciones del Café de Chinchina (Colombia) se observó que las pérdidas de suelo estaban relacionadas directamente con las diferentes intensidades de las lluvias.

Greer (32), halló similares observaciones y determinó que las lluvias de alta intensidad aportaron con el 36% del total de lluvias; y dieron origen al 59, 55 y 54%

del total de escorrentía y al 80, 79 y 73% del total de suelo erodado, investigando en parcelas de 2, 5 y 10% de pendiente.

Neal (61), determinó para las condiciones en que desarrolló sus experimentos, la relación siguiente:

$$E = K (I)^{1.2}$$

Donde:

E = Peso (en libras) de suelo erodado en 1/100 de acre.

K = Es una constante de pendiente.

I = Intensidad de las lluvias en pulg/hora.

Fournier (27), demostró de forma precisa en el Instituto de Investigaciones Henderson, Mazoe, Rhodesia, el efecto de la acción energética de las lluvias sobre la pérdida del suelo y la escorrentía.

Fournier (28), señala que las investigaciones han demostrado en forma sistemática la relación directa entre la erosión y la intensidad de las lluvias, considerando los factores restantes en condiciones constantes.

-Distribución del tamaño de gota

La energía cinética de la precipitación está en función de las gotas de lluvia de terminada por su tamaño, su cantidad y su distribución por tamaños.

La distribución de las gotas de lluvia por su tamaño es inconstante en función de las lluvias, y en especial de la intensidad. Se trata de definir por medio del parámetro  $D_{50}$  que viene a ser el diámetro medio, o sea el valor promedio ponderado entre los tamaños de diámetro de las gotas. Se han encontrado relaciones entre diámetros medios e intensidades de lluvias.

La relación entre el tamaño medio de una gota e intensidad de la lluvia encontrada por Lawa y Parson (47), fue:

$$D_{50} = 2.33 I^{0.182}$$

Donde:

$D_{50}$  = tamaño medio de una gota en mm.

$I$  = intensidad en pulgadas por hora.

De donde se deduce un incremento entre el tamaño medio de la gota con el aumento de la intensidad de la lluvia.

Hudson (36), indica que una relación del tipo  $D_{50} \times I^b$  tiene validez para precipitaciones de baja intensidad pero no para tormentas erosivas de los trópicos húmedos.

Lawa y Parson (47) reportan valores cercanos a 7 mm para el diámetro máximo de una gota; mientras que Fournier (28) indica que el valor máximo es de alrededor de 9 mm por cuanto una gota de mayor tamaño es talle debido a la tensión superficial insuficiente.

#### -Velocidad terminal de la lluvia

La energía cinética de la lluvia está en función de su velocidad de caída, lo cual depende de su masa, que se puede determinar con su diámetro promedio.

La velocidad es variable, durante la caída, aumenta hasta llegar a una velocidad límite o velocidad crítica que se alcanza luego de recorrer los 20 metros, lo cual es normal en las lluvias naturales. (Fournier (28), Wislmeier y Smith (87), señalan que la distancia a través de la cual debe recorrer una gota de lluvia antes de caer para alcanzar su velocidad terminal, es una función de la distribución del tamaño de gota.

CUADRO 1. RELACION ENTRE EL TAMAÑO DE GOTA Y VELOCIDAD TERMINAL. (Wishmeier y Smith, 1960)

Tamaño de mm	Velocidad Terminal m/seg	Caída para Alcanzar 95% de Velocidad Ter- minal m
0.25	1.0	---
0.50	2.0	---
1.00	4.0	2.2
2.00	6.5	5.0
3.00	8.1	7.2
4.00	8.8	7.8
5.00	9.1	7.6
6.00	9.3	7.2

Se relaciona la energía cinética con la ve  
locidad terminal de acuerdo a:

$$EK = \frac{I V}{2}$$

Donde:

EK = Energía cinética en Watts/m<sup>2</sup>

I = Intensidad en mm/seg.

V = Velocidad de una lluvia antes del im-  
pacto en m/seg.

Ellison (21), en un experimento en el cual colocó discos metálicos en el suelo y luego aplicó lluvia artificial, determinó que las gotas de lluvia erosionaban el suelo a  
tacado, más no el suelo bajo los discos, en  
tonces señaló que el proceso erosivo era función del tamaño y la velocidad de las gotas de lluvia y de su intensidad.

Ellison (21) desarrolló la ecuación en que se relaciona la desagregación del suelo y la velocidad terminal, diámetro de la gota e intensidad de lluvia de acuerdo a:

$$E = K V^{4.33} d^{1.07} I^{0.65}$$

Donde:

E = Cantidad relativa de suelo desagregado.

K = Constante del suelo.

V = Velocidad de una gota de lluvia en pies/seg.

d = Diámetro de la gota de lluvia en mm.

I = Intensidad de la lluvia en pulgadas/hora.

Las investigaciones de Ellison, lo llevaron a concluir que el efecto de salpicadura (disgregación y arrastre del suelo producidos por la energía que desarrollan las gotas de lluvias al caer al suelo), era la causa de una considerable cantidad del total del suelo erosionado.

Rose (65) postuló las siguientes ecuaciones para el desprendimiento de las partículas del suelo por el impacto de las gotas de lluvia:

a)  $M = \frac{KR}{m} mv$  y

b)  $M = \frac{KR}{m} mv^2$

Donde:

- M = Cantidad de movimiento de la lluvia por unidad de área y unidad de tiempo.
- K = Es la energía cinética de la lluvia por unidad de área y tiempo.
- R = Intensidad de la lluvia en pulgadas/hora.
- m = Masa de agua caída en kilogramos.
- v = Velocidad de impacto en metros por segundo.

Rose (66) concluyó aseverando que la tasa de desprendimiento dependía más de la masa de agua caída que de la energía cinética de la lluvia, porque la masa de agua representaba la presión ejercida por la lluvia. Pero debemos considerar que la energía cinética es el resultado de la masa de agua y de la velocidad a la cual impacta sobre el suelo y da origen al proceso erosivo.

#### -Velocidad del viento

Estudiando el efecto de la caída de la lluvia, Neal y Baver (61) determinaron que el impacto de las gotas de lluvia era el resultado del número y el tamaño de las gotas de lluvia, aumentada por la fuerza del viento.

Las tormentas tropicales generalmente están acompañadas por alta intensidad de vientos, los cuales incrementan su agresividad (Greenland y Lal (44)).

El viento es una importante característica en la agresividad de la tormenta tropical. Su velocidad influencia la energía cinética de las lluvias y como consecuencia a su capacidad erosiva (Ahmad y Breckmer) (3).

Investigaciones reportan que la eficiencia en la ruptura de terrones fue mayor cuando la lluvia estaba acompañada por el viento (Lyles y colab. (51)).

CUADRO 2. EFECTO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA DISTURBACION DEL SUELO. (Lyles y Colaboradores, 1969)

Velocidad del Viento (m/seg)	Disturbación del Suelo (Unidades Arbitrarias) a Diferentes Intensidades		
	Intensidad cm/ha		
	1.6	1.84	5.61
0.0	56	93	97
6.7	95	98	100
13.4	97	100	100

Lyles (51), señaló que la disturbación del suelo era mayor del 73% cuando la velocidad del viento era de 13.5 m/seg.

#### -Dirección de la pendiente

La energía cinética de la lluvia puede verse muy alterada por el ángulo de impacto de la gota de lluvia sobre el terreno, sea por la pendiente propia del terreno o por el ángulo de caída de la lluvia ocasionada generalmente por los fuertes vientos tropicales.

La mayor energía cinética será ocasionada con un ángulo de 90° comprendido entre la dirección de la lluvia y la superficie del terreno. (Greenland y Lal (44)). Wischmeier y colab. (88); Zingg (89).

Al impactar las gotas en el suelo, originan cráteres concéntricos, los que se deforman al desviarse la dirección de la lluvia o cuando el suelo está en pendiente. (Ellison, 21).

#### -Duración y frecuencia de las lluvias

La cantidad total de lluvia que cae estará determinada tanto por la intensidad como por la duración de la lluvia. Al caer una lluvia uniforme en intensidad sobre un suelo el agua se infiltra de acuerdo a

las características del suelo, hasta que la capacidad del suelo es saturada dando lugar a la escorrentía superficial.

La larga duración de una lluvia produce una determinación de la infiltración e incremento de la escorrentía.

la frecuencia de las lluvias se hace crítica de acuerdo a las condiciones de los terrenos. Cuando dos lluvias se suceden a intervalos cortos, el contenido de humedad del suelo es bastante alto debido a la primera lluvia, por lo cual al comenzar la segunda aumentan los riesgos de que se originen escorrentías.

Es necesario determinar y considerar la frecuencia de ocurrencia de las lluvias y las variaciones periódicas de intensidad y en base a ellos aplicar las prácticas de conservación.

#### 2.4.2 Erodabilidad del Suelo

La erodabilidad de un suelo se refiere a la mayor o menor resistencia de un suelo a la acción erosiva, provocada por el agua o el viento. Este comportamiento del suelo está ligado fundamentalmente a sus características físicas, tales como: textura, estructura

(agregación y estabilidad de agregados y porosidad). La combinación de estas características expresa la erodabilidad propia de cada suelo.

La evaluación cuantitativa de la erodabilidad del suelo se efectúa en función de las propiedades del suelo susceptibles de ser mensuradas.

### 1. Textura

Siendo la distribución de las partículas finas del suelo una de las más importantes medidas de la susceptibilidad o resistencia de un suelo a la erosión. Así la erodabilidad tiene la tendencia a incrementarse con un mayor contenido de limo y disminuir con mayores contenidos de arena, arcilla y materia orgánica. (Wischmeier, 86).

Los suelos con partículas estables o agregados fuertemente cohesionados, son menos susceptibles al proceso erosivo de la lluvia, porque la velocidad de infiltración es mayor que la cantidad de agua de lluvia caída (Wischmeier (86), F.A.O. (24)), considerando que el proceso erosivo se interrumpe cuando no existe escorrentía.

Wischmeier y Mannering (87) con el propósito de calcular la erodabilidad de los suelos, seleccionaron cinco parámetros necesarios para predecir la erodabilidad del suelo de uso práctico para determinaciones empíricas de la erodabilidad (Lal, 44).

La determinación de la erodabilidad de un suelo presenta serias dificultades, aún se requiere conocer como evaluar adecuadamente las fuerzas cohesivas y como cuantificar la estructura del suelo (Greenland y Lal, 44).

## 2. La Estructura del Suelo y Estabilidad Es tructural

La estructura del suelo, junto con la textura determinan las características físicas más importantes del suelo. El tipo de estructura determina la formación de cavidades que facilitan la aereación, el movimiento del agua y la penetración de las raíces, así como la susceptibilidad o resistencia a la erosión, de acuerdo a la estabilidad de los agregados. A mayor estabilidad de los agregados, es mayor la resistencia de las partículas del suelo a

la disgregación por el impacto de las gotas de lluvia, siendo mayor la erosión producida, igualmente la infiltración aumenta, por lo cual la escorrentía tiende a ser menor.

Generalmente la estructura del horizonte superficial del suelo es la que mayor atención recibe porque es la zona donde confluyen todos los factores de erosión, principalmente el impacto de la gota de lluvia.

La estructura puede ser modificada por prácticas de manejo del suelo y de cultivo, un manejo inapropiado puede destruir rápidamente condiciones estructurales buenas.

Los aportes de materia orgánica, encalamiento y cultivo de leguminosas benefician la formación de agregados, los cuales constituyen una estructura adecuada. (Suárez 73, F.A.O., 24).

#### 2.4.3 Cobertura Vegetal

La vegetación que soporta un suelo es de gran importancia en la lucha contra la erosión, por

que tiene un efecto amortiguador sobre el golpe de las gotas de lluvia. Cuanto más tupida sea la vegetación, la probabilidad que exista erosión disminuye. Así, un pastizal ofrece mayor protección que cultivos limpios anuales.

Los suelos en barbecho desnudo arados al comienzo del período lluvioso producen la máxima erosión posible, en este caso el efecto de la vegetación es mínimo y la acción de las fuerzas erosivas se expresan al máximo.

En el otro extremo de cobertura se sitúa el pastizal que presenta una cobertura máxima la cual disipa la energía de las gotas de lluvia, igualmente favorece una mayor infiltración por la cual el escurrimiento es más lento. Entre las dos situaciones anteriores se ubica a los cultivos que en función de su densidad, etapa de crecimiento, y su velocidad de crecimiento ofrecerá diferentes niveles de amortiguación a las fuerzas erosivas de la lluvia (FAO, 24; Suárez 75, Roose 65).

Los cultivos que producen una mayor cobertura en un menor tiempo, son más eficientes para controlar la escorrentía y erosión, que aquellos que utilizan mayor tiempo, es decir cul-

tivos de crecimiento lento. Así por ejemplo Aina y colab. (4) determinaron que para las condiciones de Ibadan Nigeria, el número de días necesarios para formar un 50% de cobertura del suelo fue de 38 días para Soya (Glycine max), 46 días para frijol de palo (Cajanus cajan), y 63 días para (Manihot esculenta) siendo la escorrentía y erosión, producida, proporcional al tiempo requerido para desarrollar la cubierta del suelo.

En el Estado de Sao Paulo (Brasil), Bertoni (10, 11) realizó un estudio del efecto de diferentes cultivos sobre las pérdidas de suelo y agua determinando que el pasto protegió eficientemente al suelo mientras que el cultivo de algodón presentó las mayores pérdidas.

Alegre (6) determinó que el pasto *Centrosema* sp. fue el menos erosivo al brindar una mayor cobertura al suelo, bajo condiciones de Selva Alta.

#### 2.4.4 Sistemas de Manejo del Suelo y del Cultivo

##### 1. Cultivos Asociados o Intercalados

De las características de crecimiento y desarrollo de los cultivos señalados en

líneas anteriores, se puede inferir una mayor cobertura en el espacio y en el tiempo con la utilización de cultivos asociados o intercalados para obtener una mayor protección del suelo. Así, Aina y colab. (4) determinaron experimentalmente que la yuca sola necesita de 63 días para cubrir el 50% de la superficie del suelo, mientras la asociación de maíz con yuca sólo necesita 51 días. Asimismo, la erosión y la escorrentía fueron menores para las mezclas de cultivo, tal como se observa en el cuadro siguiente:

CUADRO 3. COMPARACION DE PERDIDA DE SUELO Y ESCORRENTIA CON MONOCULTIVO (YUCA) Y MEZCLA DE CULTIVOS (YUCA CON MAIZ) EN UN ALFISOL DE IBADAN, NIGERIA (AINA Y COLAB. 4)

Pendiente %	<u>Pérdida de Suelo</u>		<u>Escorrenría</u>	
	<u>Monocul</u> <u>tivo</u> Ton/ha/año	<u>Mezcla</u> <u>de Cul</u> <u>tivos</u>	<u>Monocul</u> <u>tivo</u> Porcentaje	<u>Mezcla</u> <u>de Cul</u> <u>tivos</u>
1	2.7	2.5	18	14
5	87.4	49.9	43	33
10	125.1	85.5	20	18
15	221.1	137.3	30	19

Es así como la asociación de cultivos se manifiesta como una práctica conservacionista de aplicación real.

2. Rotación de Cultivos

La rotación de cultivos es otra práctica que favorece la reducción de la erosión. Idealmente debe incluir un cultivo denso, un grano menor y un cultivo de 1 branza (Bowen y Kratky, 13). En general, cuanto mayor sea la posibilidad de erosión, los cultivos densos deben de emplearse más en la rotación.

Browning (14) presenta pérdidas de 117.5 ton/ha para maíz en monocultivos y de 40.7 ton/ha en la rotación y similar efecto se observa con la pérdida de agua de acuerdo al cuadro siguiente:

CUADRO 4. PERDIDA MEDIA ANUAL DE AGUA POR ESCURRIMIENTO Y DE SUELO EN UN TERRENO FRANCO LIMOSO (MARSHALL) DURANTE EL PERIODO 1933-1942

Cultivo y Sistema de Cultivo	Pérdida de Agua (Milímetros)	Pérdida de Suelo (Ton/Ha)
Maíz continuo	127.0	85.9
Maíz continuo en el Subsuelo	152.0	117.5
Rotación maíz-avena-trébol	Maíz	40.7
	Avena	22.6
	Trébol	11.3
Alfalfa	15.0	2.2
<u>Poa pratensis</u>	7.6	0.7

Una rotación definitivamente da lugar a pérdidas de suelo y agua, pero la tendencia debe establecer valores medios anuales tolerables.

Los beneficios logrados por la rotación en las condiciones del suelo, reflejan la tendencia a reducir las pérdidas de agua y suelo, a través de diferentes investigaciones tal como se muestra en el Cuadro 5.

Las prácticas de cultivos afectan profundamente la pérdida de suelo. Buenas rotaciones reducirán la pérdida de suelos en más de 50% comparando con cultivos continuos en hileras (Lafren y Moldenhauer 41).

### 3. Aplicación de Materia Orgánica

Lombardi y colaboradores (50) en el estado de Sao Paulo (Brasil) redujeron la pérdida de suelos Latosol y Podzólico. Asimismo, el empleo de abonos verdes redujo las pérdidas de suelo en 29 y 1% para los mismos suelos.

Al enterrar el follaje, la materia orgánica que se incorpora ayuda a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo y con ellas su resistencia a

CUADRO 5. DATOS EXPERIMENTALES SOBRE PERDIDAS DE SUELO Y AGUA EN ROTACIONES DE CULTIVO

Lugar Sistemas de Cultivo	La Grosse (Wisconsin)		Zanesville(Ohio)	
	Maíz Continuo	Rotación Maíz-Trébol-Cebada	Maíz Continuo	Rotación Maíz-Trigo
Pendientes del terreno	26%	15%	12%	12%
Textura	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso	Franco Limoso
Precipitación mm	866.6	866.6	876.0	876.0
Escorrentía % de lluvia	20.58	12.07	35.18	18.45
Erosión ton/ha	220.9	63.3	149.1	19.9
Número de años del experimento	3	3	3	3

la erosión (Suárez, 74).

#### 4. Surcos en Contorno

Las medidas agronómicas de conservación del suelo como por ejemplo: surcos en contorno, con el cultivo de maíz redujo la erosión del suelo en 23% y en 7% la escorrentía, para un suelo arenoso, comparado con la de surcos en el sentido de la máxima pendiente, Sao Paolo (Bertoni) (9).

En la localidad de Santa Ana, Huancayo-Perú en la campaña 1976-1977, el empleo de surcos en contorno con el cultivo de maíz redujo la erosión en 4 veces en comparación a la conducción con la máxima pendiente. La pérdida de suelo fue de 5.6 ton/ha y la escorrentía fue de 402 m<sup>3</sup>/ha para la conducción de maíz en surcos en contorno y cuando se condujo en el sentido de la máxima pendiente la pérdida de suelo fue de 20 ton/ha y la escorrentía fue de 1091 m<sup>3</sup>/ha. (Felipe-Morales, 25).

En la Estación Experimental de Pindirona-Brasil suelo Podzólico, en una plantación de café empleando prácticas de conservación del suelo (surcos en contorno, "mulch", abonos verdes) las pérdidas de suelo fue-

ron controladas en un 74% y la escorrentía en un 55% en comparación con las prácticas que disturbán el suelo (cultivo mecánico, gradas de disco, herbicidas, etc.) Lombardi y colaboradores. (50).

##### 5. Cobertura Muerta "Mulching"

Esta práctica consiste en proteger el suelo con residuos vegetales. El "mulch" reduce el volumen y la velocidad del agua de escurrimiento por lo tanto ayuda a disminuir la erosión (Bowen, 13).

Los desperdicios de cosecha (Frijol, maíz, caña, plátano) han dado muy buenos resultados como cobertura muerta (Gómez, 30).

La aplicación de "mulch" superficial de 4 a 6 Ton/Ha disminuye la erosión del suelo y las pérdidas por escorrentía a valores mínimos, siendo estas pérdidas comparables a la de los suelos cubiertos de bosques (Lal y colaboradores, 43). Los experimentos realizados en el IITA indicaron un incremento de la disponibilidad de nitrógeno y fósforo bajo la capa de "mulch". El "mulching" estimula la actividad de la lombriz de tierra, incrementándose la

porosidad del suelo, lo cual a su vez incide en una mejora de la tasa de infiltración del suelo (Lal, 45).

Lal y colaboradores encontraron que en un suelo pendientes entre 1 a 15% la escorrentía y la erosión fueron disminuidas cuando se aplicó rastrojo en forma de "mulch" a razón de 4 a 6 Ton/Ha en forma comparable a la eficiencia de la no labranza en la prevención de la escorrentía y pérdida del suelo.

Los "mulches" conservan el agua durante los períodos de lluvia frecuente, pero son de pequeño valor durante extensos períodos secos (Bond JJ. 12). El "mulching" generalmente mejora el ambiente para el crecimiento de semillas y su establecimiento (Barnett, A. 8, Turk L. 81, Midmore 57).

Usualmente el "mulch" en superficie reduce los volúmenes de escorrentía superficial por mantenimiento de las tasas de infiltración durante períodos de precipitación (Adams 2, Mannering 52, Hundal y Datta 39, Van Doren y Stanffer 84, Lindstrom, 48).

Los "mulches", labranzas mínimas o rotaciones reducirán la pérdida de suelo en 50% o menos de la pérdida con cultivos continuos en el sistema tradicional.

Hanks y Woodruff (35) encontraron que el "mulch" conserva agua extra durante períodos con lluvias frecuentes pero tuvo efectos pequeños durante largos períodos secos (Greb 31, Turk L. 81).

Smika (70), demostró que la posición del rastrojo en el suelo influenciaba el almacenamiento de agua en el perfil del suelo, concluyendo que el rastrojo en posición vertical es la más efectiva para minimizar la pérdida de agua y de suelo.

Estudios recientes (Lal y colaboradores 45), indican que el uso de una adecuada cantidad de "mulch" puede prevenir la erosión del suelo, mantener el contenido de materia orgánica y sostener la producción del cultivo sin dificultades de manejo de suelo.

Los resultados en un alfisol de Nigeria, demostraron que la escorrentía fue de 18, 10, 4, 1 y 0% de la lluvia respectivamente para

0, 2, 4, 6 y 12 Ton/Ha de "mulch" y el suelo perdido fue de 10, 2, 0, 5, 0.1 y 0 Ton/Ha para el mismo orden de tratamientos. Estos niveles de suelo erosionados son bastante bajos en las medidas de suelo, en parcelas de 100 m<sup>2</sup> (Lal 44).

Uno de los efectos benéficos del "mulch" en regímenes tropicales es la prevención de la erosión y la disminución de las pérdidas debidas al agua de escorrentía. (Lal 43).

La fertilidad química del suelo decrece con el tiempo después de remover la foresta. Sin embargo, la tasa de degradación disminuye con incrementos de la tasa de "mulch". La reducción de la escorrentía y erosión por aplicación superficial de "mulch" de residuos de plantas ha sido reconocido por muchos años (Aarstad y Miller 1).

Miller (58) reportó que residuos de maíz en irrigaciones, aplicados a los surcos eliminó la erosión y la turbidez del agua de escorrentía.

Lamb y colab. (46), encontraron que suelos con pedregosidad superficial incrementaron el agua infiltrada y disminuyeron la erosión del suelo por protección de la superficie de la acción erosiva del impacto de la gota de lluvia.

Box Jr. (15) en un suelo "slate Belt" en el sureste de Piedemont, que contiene fragmentos en su superficie, fragmentos principalmente planos, superiores a 4 cm de diámetro, determinó el efecto de ellos sobre la erosión y la escorrentía mediante un simulador de lluvias. Box (15) concluyó que el efecto del "mulch" de los fragmentos pizarrosos por el suelo perdido, puede ser estimado por la ecuación universal de pérdida de suelo, mediante el uso de un factor C ajustado.

Alegre (6) determinó que el uso de rastrojo de los cultivos, en forma de "mulch" y la labranza mínima permitía que la erosión obtenida en una rotación de cultivos fuera reducida en 33% en relación a la obtenida por la misma rotación (maíz-frijol-papa), sin aplicar las prácticas culturales señaladas.

## 2.5 PERDIDA DE NUTRIENTES DEL SUELO POR EFECTO DE LA EROSION

Massey y colab. (54) reportaron una pérdida de 192 kg de materia orgánica, 10.6 kg de N y 1.8 kg de potasio intercambiable por hectárea en un suelo de Wisconsin con 11% de pendiente.

Thomas y colab. (77) señalaron que las más altas concentraciones de nutrientes en el suelo perdido por varios tratamientos fueron 633 ppm de Ca y 104 ppm de K. La pérdida total de Ca fue de 1,622 kg/Ha mientras el de K varió de 0.14 a 0.22 kg/Ha.

Daniel y colab. (17) encontraron en un suelo franco arenoso fino de los EE.UU., que aproximadamente un tercio del nitrógeno agregado por las aguas de lluvia, se perdió en la escorrentía de un terreno en rotación de trigo, trébol y algodón.

Fippin (26) determinó que la vertiente del Tennessee en los EE.UU. pierde por hectárea y por año 12 toneladas de limo, 105 kg de calcio, 120 kg de magnesio, 250 kg de potasio, 15 kg de  $P_2O_5$  y 25 kg de nitrogenados.

Suárez de Castro (75) en la región de Chinchiná-Columbia, señaló que suelos derivados de cenizas volcánicas, evidenciaron pérdidas de nutrientes que

alcanzaron valores de 235 kg/ha/año para un suelo desnudo.

Las relaciones entre el suelo desnudo y el cafetal viejo fueron en el primer año de 6 a 1 para nitratos, 18 a 1 para fósforo, 17 a 1 para potasio y de 100 a 1 para calcio. De donde se deduce que un suelo desnudo por efecto de la escorrentía se empobrece en bases.

Suárez (74) en suelos con 45% de pendiente comparó suelo desnudo y cafetales encontrando pérdidas de nitrógeno total de 25.2 y 2.2 kg/ha de fósforo 0.98 y 0.08 kg/ha de potasio 24.0 y 2.4 kg/ha de calcio 238.6 y 5.3 kg/ha y de magnesio 151.7 y 4.9 kg/ha respectivamente.

Uribe (83) en suelos de ladera con 60% de pendiente, comparó suelo desnudo y añil rastrero en cobertura, ambos tratamientos con plantación de café Borbón al sol, y encontró pérdidas de nitrógeno total de 15.7 y 4.0 kg/ha en calcio de 7.5 y 3.3 kg/ha y en Magnesio de 2.3 y 0.9 kg/ha respectivamente para cada tratamiento. Los suelos de trópico con lluvias intensas son más propensos a sufrir disminuciones en bases como se señala en referencias anteriores. Igualmente, la cubierta vegetal destaca su eficiencia en la reducción de la pérdida de nutrientes.

En el Cuadro 6 se aprecia claramente que los sedimentos y nutrientes perdidos son menores en suelos de pastizales que en los cultivados con soya o maíz, igualmente se notan las diferencias entre el sistema de cultivo conservacionista y el tradicional.

Las pérdidas de P en el agua de esorrentía y sedimentos erosionados en regiones templadas han sido estudiadas por varios investigadores (Ryden y colaboradores, 68).

Duley (20) en 1926 reportó que la mayor pérdida de fósforo fue de 0.03 a 0.04 kg/ha/año en el agua de esorrentía.

Munn y colaboradores (60) en pruebas de esorrentía simulada mediante microparcels en algunos suelos de Ohio encontraron correlación significativa entre el fósforo total en la esorrentía y la cantidad de suelo erosionado.

Schuman y colaboradores (71) encontraron pérdida de P en el agua de esorrentía de 0.5 a 2.1 kg/ha.

Bryant y Slater (16) determinaron que el transporte de solutos y la pérdida de fertilizantes aplicados fueron los factores más importantes en el ago-

CUADRO 6. MEDIDA DE LA EROSION Y CONTENIDOS DE NUTRIENTES CALCULADOS DE SEDIMENTOS DE CUATRO CULTIVOS  
BAJO DOS SISTEMAS DE CULTIVO 1947-1950

Cultivo	Sistema de Cultivo	Sedimentos lb/acre/año	Fósforo Disponible lb/acre/año	Nitrógeno Total lb/acre/año
Maíz	Tradicional	6300	2.55	17.32
Maíz	Conservacionista	1490	0.77	5.20
Soya	Tradicional	8430	3.41	23.18
Soya	Conservacionista	3340	1.72	11.65
Trigo	Tradicional	1800	0.73	4.95
Trigo	Conservacionista	830	0.43	2.90
Pradera	Tradicional	190	0.08	0.52
Pradera	Conservacionista	120	0.06	0.42

tamiento de la fertilidad del suelo, aún cuando las cantidades de materiales solubles perdidos en el agua de escorrentía fueron pequeños.

Mattyosovisky y Duck (55) encontraron que para una lluvia fuerte, el agua de escorrentía transportó 9.8 ppm de N-NO<sub>3</sub> y 3.2 g/lit de sedimento.

Engelbrecht y Morgan (22) hallaron pérdidas de P en el agua de drenaje superficial que fluctuó de 0 a 1 kg/ha/año.

Barnett y colaboradores (8) en estudios realizados en suelos de Puerto Rico, reportaron que la concentración media de N y K fluctuó de 0.01 a 0.02 ppm y de 0.01 a 2.29 ppm respectivamente, en el agua de escorrentía.

Kuwal (40) en estudios realizados en el Norte de Nigeria, señaló que el promedio anual de pérdida de Ca, Mg y Na en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado fluctuó de 14 a 30 kg/ha y que la pérdida media anual de N tuvo límites entre los 7 y 19 kg/ha.

Moe y colaboradores (59) reportaron que la máxima pérdida de N en el agua de escorrentía fue del 15% de fertilizante aplicado para una lluvia de 12.5 cm de altura.

Sharpley y Smith (69) señalaron que la erosión del suelo podría reducir los contenidos de fósforo orgánico, fósforo disponible, nitrógeno mineralizable y carbono orgánico del perfil del suelo virgen en un promedio de 15,18, 25, 4 y 31% respectivamente.

Martín (53) en estudios realizados en Minnesota, en suelos con 6% de pendiente con producción continua de maíz y sin prácticas de conservación, y en base de proyecciones sugiere que podrían perderse 228 lb de nitrógeno, 3 lb de fósforo y 17 lb de potasio.

Frye y colaboradores (29) señalaron en general que el horizonte Ap de erosión comparado con el suelo no erosionado fue mayor su contenido de arcilla, mayor densidad aparente, menor contenido de materia orgánica y menor status de fertilidad. Así observaron concentraciones de 232 y 11 ppm de potasio y 34 ppm de fósforo en el suelo erosionado.

Alegre (6) señaló que pérdida de nutrientes en el agua de escorrentía y el suelo erosionado tuvo relación directa con la cantidad de escorrentía y erosión y con la concentración de cada nutriente en el suelo. Los nutrientes que más se perdieron en el suelo erosionado del campo experimental de San

Ramón-Chanchamayo, fueron el N y el Ca. Así el Nitrógeno perdido osciló entre 0.6 y 115 kg/ha, el calcio perdido osciló entre 3 y 360 kg/ha, el potasio entre 0.2 y 19 kg/ha, el magnesio entre 0.1 y 7 kg/ha, y el fósforo osciló de 0 a 4 kg/ha para los tratamientos menos erosivos (pasto centrosema) y el más erosivo (suelo desnudo) respectivamente.

El mismo autor señaló pérdidas de nutrientes en el suelo erosionado de la rotación de cultivos, maíz-frijol-papa con surcos en pendientes y en una rotación similar pero con la práctica del "mulch". Observando pérdidas de 106 y 38 kg/ha/año de nitrógeno, 4 y 1 kg/ha/año de fósforo respectivamente para cada tratamiento evaluado.

En el agua de escorrentía, la pérdida de  $\text{NO}_3\text{-N}$  osciló entre 27 y 7 kg/ha, las de Ca entre 25 y 7, en este caso las mayores pérdidas correspondieron a las parcelas con piña, y las menores pérdidas al tratamiento con pasto.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 UBICACION Y DESCRIPCION DEL CAMPO EXPERIMENTAL

##### 3.1.1 Ubicación (Mapa 1)

El área experimental se ubica en la CAP "José Santos Atahualpa", localidad de San Ramón, valle del río Chanchamayo, en la Selva Central del país, a una altitud de 800 m.s.n.m. y coordenadas: Long. 75°20', Latitud 11°08'.

##### 3.1.2 Clima

El clima de la zona es tropical, húmedo, con las siguientes características:

##### 1. Temperatura (Gráfico 1)

Temperatura promedio 24°C

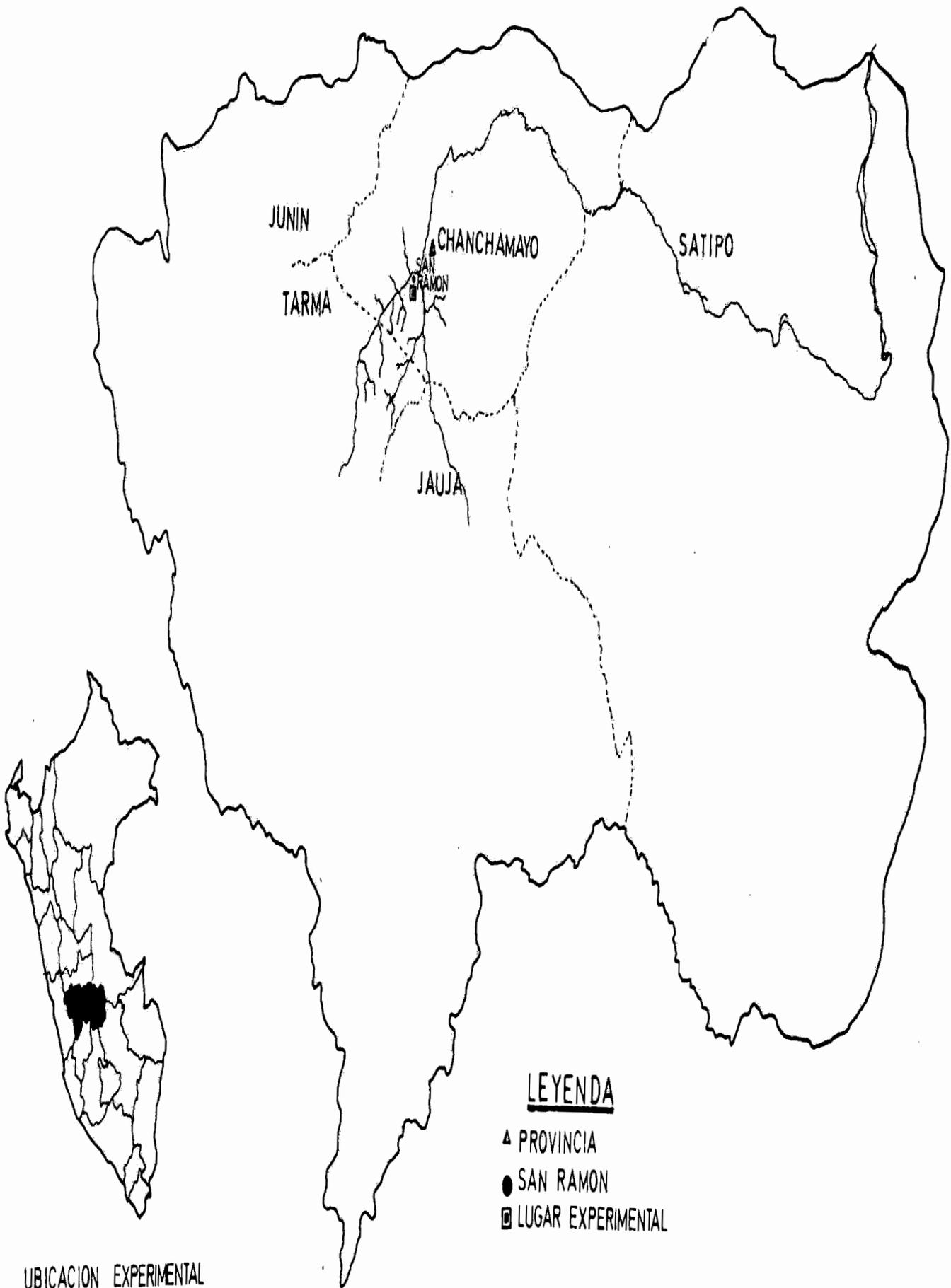
Temperatura máxima promedio 30°C

Temperatura mínima promedio 18°C

Se observa que la variación mensual de temperatura es mínima y los menores valores corresponden a los meses de Junio-Julio y los más altos a Noviembre, Diciembre y Enero.

##### 2. Precipitación

La precipitación total anual es de aproximadamente 2,000 mm (calculada en base al reporte de 18 años, en la Estación Me



UBICACION EXPERIMENTAL

MAPA 1

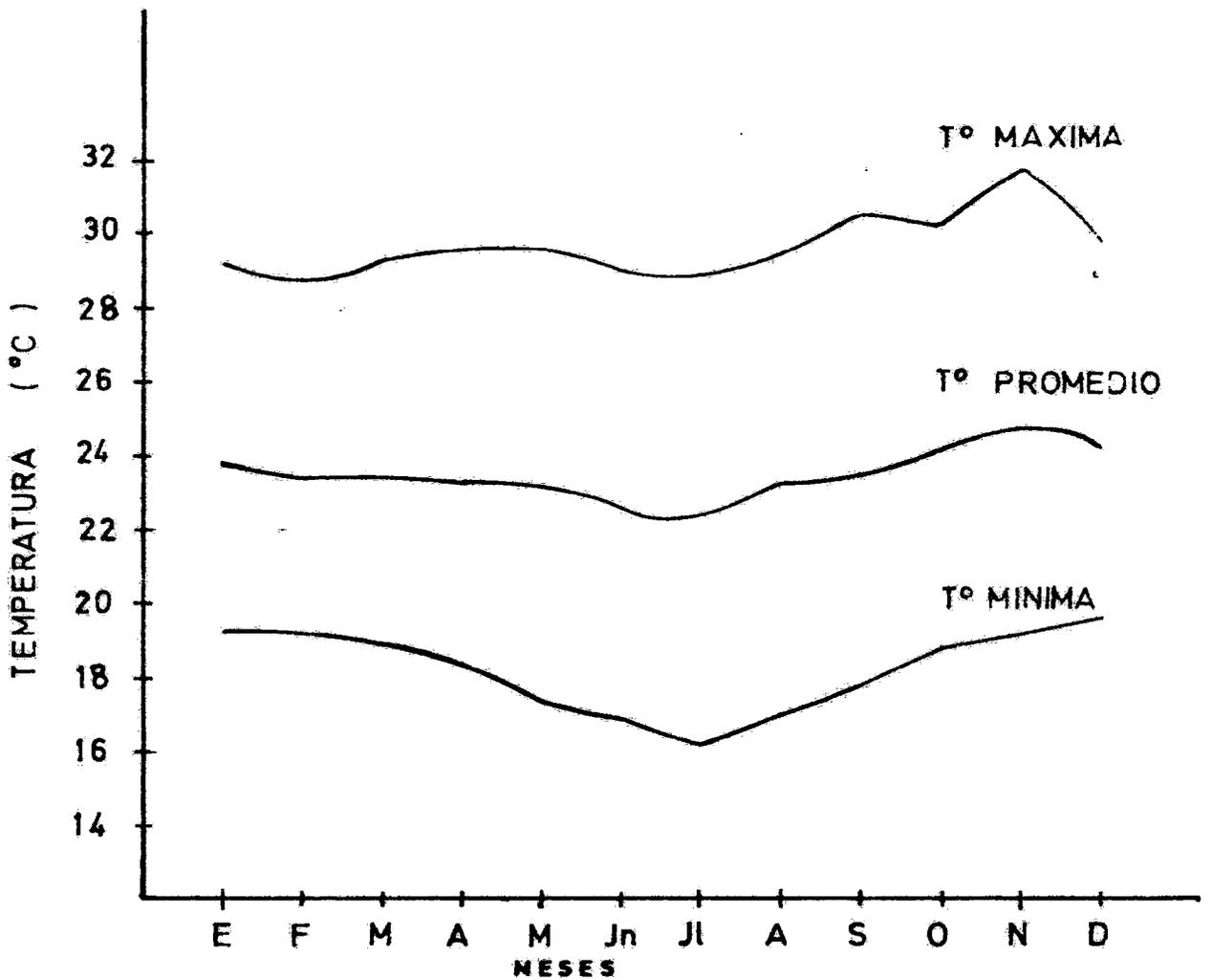


GRAFICO 1

**DISTRIBUCION MENSUAL DE TEMPERATURA**  
**PROMEDIO MAXIMAS Y MINIMAS ( 1961-1970 )**  
 ( San Ramon )

teorológica de San Ramón), existiendo algunos años en que ocurrieron lluvias que llegaron a los 2,500 mm.

La distribución mensual de lluvias es bastante irregular (Gráfico 2), con un período de mayor precipitación entre Octubre a Mayo, igualmente existe una disminución de lluvias en Noviembre para luego incrementarse en Diciembre. (Cuadro 7).

### 3. Evapotranspiración (Gráfico 2) y Balance Hídrico

Determinado por el método de Thornthwaite, para zonas tropicales. Esta varía en función de la temperatura media mensual presentando los menores valores los meses de Junio, Julio y los mayores entre Octubre y Enero.

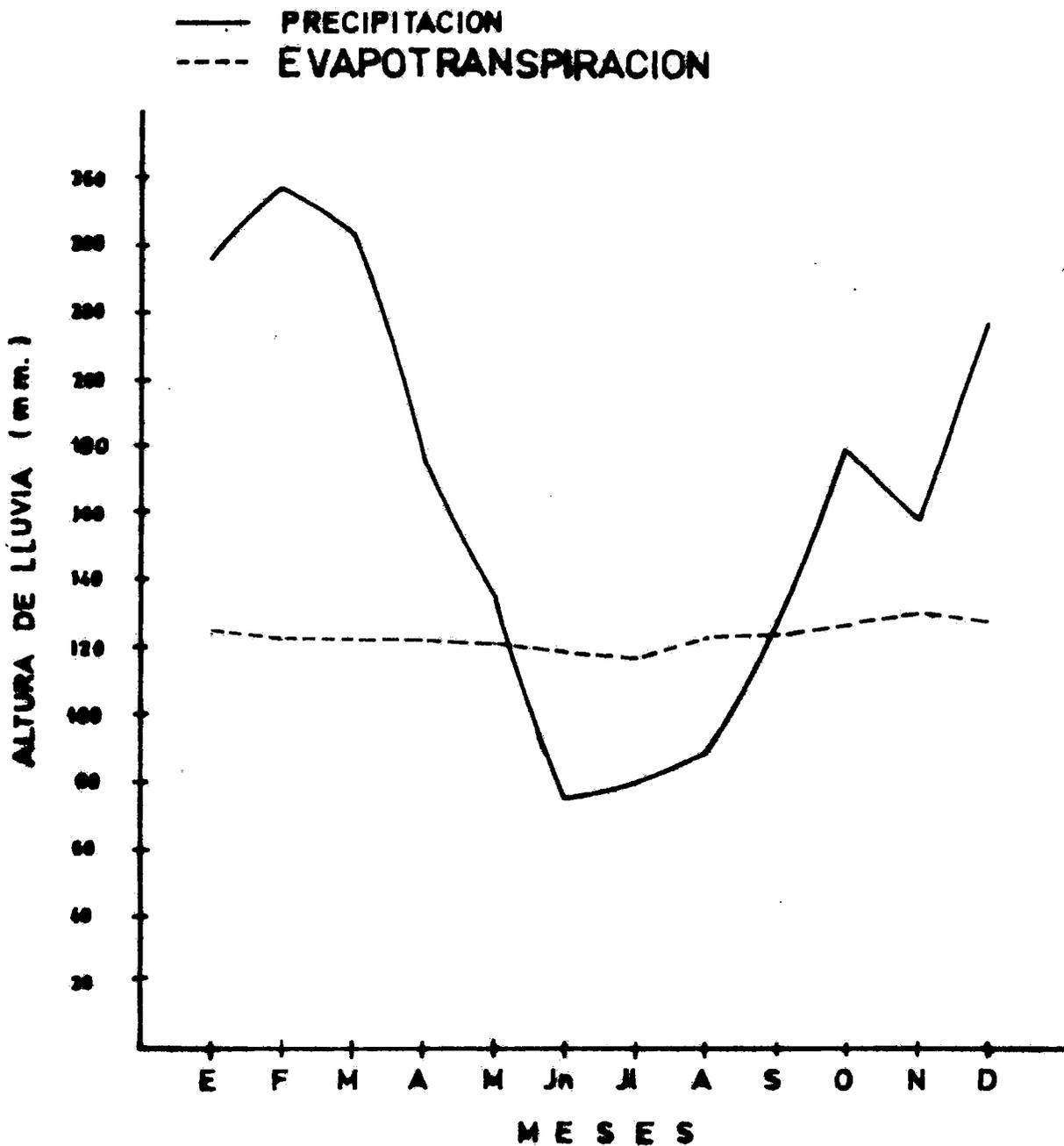
En los meses de Enero a Mayo, el balance hídrico es favorable, es decir la precipitación es mayor que la evapotranspiración. En este período se espera una mayor escorrentía y erosión. En los meses de Junio, Julio y Agosto, por el contrario la evapotranspiración es mayor que la precipitación, presentándose un déficit hídrico.

CUADRO 7. DATOS DE TEMPERATURA, EVAPOTRANSPIRACION Y PRECIPITACION PLUVIAL MENSUAL REGISTRADOS EN LA ESTACION METEOROLOGICA DE SAN RAMON (PERIODO 1961-1978)

Mes	Temperatura $\bar{x}$			Evapotranspiración Calculada*	Precipitación $\bar{x}$
	Máxima	Mínima	Media		
Enero	29.2	19.2	23.8	124.9	236.2
Febrero	28.7	19.2	23.4	122.8	257.7
Marzo	29.3	18.9	23.4	122.8	243.3
Abril	29.6	18.4	23.3	122.3	175.4
Mayo	29.6	17.4	23.2	121.8	135.8
Junio	29.0	16.9	22.6	118.6	75.5
Julio	28.9	16.2	22.3	117.1	79.5
Agosto	29.5	17.0	23.3	122.3	84.2
Setiembre	30.5	17.8	23.5	123.4	128.0
Octubre	30.2	18.8	24.1	126.5	179.2
Noviembre	31.7	19.1	24.7	129.7	158.5
Diciembre	29.8	19.6	24.2	127.1	216.0
$\bar{x}$ Anual	29.7	18.2	23.5		
Total	--	--	--	1479.3	1969.3
$\bar{x}$ Mensual	--	--	--	123.3	164.1

\* Método de Thornthwaite(78) para zonas tropicales.

Ev=5.25xT (temperatura media anual).



**GRAFICO 2 DISTRIBUCION DEL PROMEDIO MENSUAL DE LLUVIAS Y EVAPOTRANSPIRACION EN SAN RAMON (1961-1976)**

### 3.1.3 Fisiografía y Pendiente

Las parcelas experimentales están ubicadas en un antiguo cono de deyección con 20% de pendiente, ubicada en la margen izquierda del río Tulumayo, cerca a la confluencia con el río Tarma, para formar el río Chanchamayo.

### 3.1.4 Vegetación

La formación vegetal corresponde a un bosque húmedo pre-montano tropical (Tossi, 79). Cuadro 19 del Anexo.

El área experimental se encontró inicialmente en estado de "purma", cubierto de una vegetación herbácea y arbustiva natural predominando el Toro urco (Panicum pilosum) y el pasto Yaragua (Andropogon rutum mees).

### 3.1.5 Caracterización General del Suelo

El área experimental se ubica sobre un Entisol (U.S. Soil Taxonomy) desarrollada sobre un material parental aluvio coluvial. La profundidad efectiva fluctúa alrededor de 45 cm.

Las características morfológicas de los horizontes son las siguientes:

<u>Horizonte</u>	<u>Características</u>
Ap	(0-20 cm) Textura franco arcillo arenoso, estructura granular fuerte, consistencia firme en húmedo y ligeramente dura en seco, color en seco 10YR 4/2, en húmedo 10 YR 2/1 no hay presencia de carbonatos, modificador textural 5% de grava, presencia escasa de raíces finas, límite claro con:
II C	(21-35 cm) Textura franco arcilloso, estructura granular fuerte, consistencia friable en húmedo y ligeramente dura en seco, color en seco 10 YR 3.5/2, en húmedo 10 YR 2/1, no hay presencia de carbonatos, modificador textural 40% de grava, presencia muy escasa de raíces finas, límite claro con:
IIIC	(35-55 cm), Textura arcilloso, estructura masiva, consistencia muy firme en húmedo y ligeramente dura en seco, color en seco 10 YR 5/2.5, en húmedo 10 YR 3/2, modificador textural 40% de grava, límite gradual con:
IVC	(>55 cm) Textura franco arcillosa, estructura masiva, consistencia fría

Horizonte	Profundidad	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural	CE mmhos/cm	CO <sub>3</sub> Ca %	pH 1:1	M.O. %	N Total %
Ap	0 - 20	58	22	20	Fr.Arc.Ao.	1.2	00	5.2	2.5	0.12
IIC <sub>1</sub>	20 - 35	58	18	24	Fr.Arc.Ao.	0.3	00	5.4	4.0	0.20
IIIC <sub>2</sub>	35 - 55	72	14	14	Fr.Ao.	0.2	00	5.3	1.4	0.07
IVC <sub>3</sub>	Mayor 55	75	12	12	Fr.Ao.	0.2	00	5.5	0.9	0.04

Horizonte	Profundidad	P ppm	K <sub>2</sub> O kg/ha	CIC meq/100 g	Cationes Cambiables (meq/100 g)				
					Ca	Mg	K	Na	Al
Ap	0 - 20	28.2	360	16.6	7.0	1.44	0.14	0.08	0.20
IIC <sub>1</sub>	20 - 35	12.4	229	23.4	8.9	0.64	0.12	0.17	0.25
IIIC <sub>2</sub>	35 - 55	15.7	63	12.0	2.2	0.17	0.10	0.20	0.24
IVC <sub>3</sub>	Mayor 55	19.0	39	7.0	3.5	0.17	0.06	0.08	0.26

<u>Horizonte</u>	<u>Características</u>
	ble en húmedo y ligeramente dura en seco, color en seco YR 5/2, en húmedo 10 YR 2/1.

De acuerdo al análisis físico-químico (Cuadro 8), se define como suelo de textura media, modificado por la presencia de grava. El contenido de materia orgánica y nitrógeno es medio a bajo. Contenido alto en fósforo disponible, medio a bajo en K y pH ácido. Es un suelo de fertilidad natural media.

### 3.1.6 Clima del Suelo

Las características que con mayor frecuencia se miden del clima y que presentan relación estrecha con la formación del suelo y sus propiedades son la precipitación pluvial y la temperatura.

#### 1. Régimen de Humedad

Un agente necesario para la formación de suelos es el agua, por su efecto en los procesos químicos de meteorización de las rocas y edafización (disolución, hidrólisis, hidratación, reducción, etc.), por propiciar el crecimiento de plantas y el desarrollo de otros organismos.

En la zona experimental el régimen de humedad corresponde al UDIC, lo cual implica que la sección de control de humedad, en la mayoría de los años, no está seco en alguna parte por un período tan largo como 90 días acumulativos.

## 2. Régimen de Temperatura

El rol de la temperatura en el proceso de formación de suelos es mediante un efecto catalizador de las reacciones químicas que en él se producen. La temperatura ejerce también una influencia marcada sobre el tipo y cantidad de vegetación, el índice de descomposición de las materias orgánicas está controlado por las temperaturas. A mayor temperatura es mayor la actividad biológica en la zona.

En la zona experimental, el régimen de temperatura corresponde al ISOHIPERTERMIC, por cuanto la temperatura media anual del suelo es mayor o igual a 22°C y la diferencia entre la media del verano y la media del invierno es menor de 5°C.

### 3.2 PARCELAS EXPERIMENTALES

Las parcelas de escorrentía diseñadas para el experimento presentan bordes en la parte superior y sus lados, con la finalidad de impedir el ingreso de agua de escorrentía procedente de otras áreas diferentes al de la parcela. Los bordes fueron constituidos con tabiques de eternit, los cuales se enterraron 15 cm sobresaliendo aproximadamente 25 cm de la superficie.

En la parte inferior las parcelas presentan un sistema colector de agua y sedimentos, constituidos de canaletas y cilindros (mecanismo descrito por Alegre 1979 y Fournier 1954). Las unidades experimentales miden 10 m de largo por 4 m de ancho, siendo seis tratamientos y dos repeticiones. Por cada tratamiento se tienen 2 parcelas en el campo experimental. Todas las parcelas fueron orientadas en el sentido de la máxima pendiente.

### 3.3 DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El experimento se ejecutó desde Setiembre de 1978 hasta Octubre de 1980. La distribución de los tratamientos fue la siguiente:

Tratamiento I: Suelo desnudo (Barbecho permanente con deshierbos manuales).

Tratamiento II: Rotación de cultivos: maíz-frijol papa-maní-yuca. Los surcos fueron trazados en el

sentido de la máxima pendiente y no se realizó la aplicación de fertilizantes.

Tratamiento III: Rotación de cultivos: maíz-frijol-papa-maní-yuca. Similar al tratamiento II, con la diferencia que se realizó con aplicación de fertilizantes.

Tratamiento IV: Rotación de cultivos: maíz-frijol papa-maní-yuca, similar al tratamiento III con la diferencia que se dejó los rastrojos del cultivo anterior como "mulch", practicándose la aradura mínima.

Para el primer cultivo de la rotación, se utilizó como "mulch" el pasto natural existente en la zona, conduciéndose con este tratamiento el cultivo de maíz. Luego de la cosecha del maíz, parte de la chala se acomodó a lo largo de los surcos y se sembró el siguiente cultivo, frijol. El rastrojo del frijol después de la cosecha fue empleado totalmente como "mulch" en el cultivo de papa.

De la misma forma se continuó con los cultivos siguientes. Estos rastrojos fueron distribuidos sin trozarlos o fraccionarlos, tratanto de cubrir completamente el suelo.

La función del "mulch" consiste en proteger al suelo de la acción directa destructiva de la lluvia, reducir el volumen y la velocidad del agua de escurrimiento (Bowen, 13) aumentando la infiltración y así disminuir la erosión.

Tratamiento V: Rotación de cultivos con cultivos intercalados y cultivos asociados: (maíz-papa)-(yuca-frijol)-(maíz-papa)-(barbecho). Se realizó la aplicación de fertilizantes.

Tratamiento VI: Rotación de cultivos con cultivos, asociados y cultivos intercalados. (Yuca-frijol)-(Maíz-papa)-(Yuca-frijol).

Los niveles de abonamiento fueron los siguientes:

<u>Cultivo</u>	<u>Fórmula de Abonamiento(Kg/ha)</u>		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Maíz	100	80	60
Frijol	40	60	20
Papa	120	100	60
Maní	40	60	20
Maíz-papa	120	100	60
Yuca-frijol	80	60	40

Las fuentes empleadas fueron la urea, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio.

Año  
 Trat./Mes S O N D E F M A M J J A S O N D E F M A M J J A S O

I

SUELO DESNUDO (Sin Vegetación)											
--------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

II

MAIZ	FRIJOL	PAPA	MANI	YUCA							
------	--------	------	------	------	--	--	--	--	--	--	--

(Sin Fertilización)

III

MAIZ	FRIJOL	PAPA	MANI	YUCA							
------	--------	------	------	------	--	--	--	--	--	--	--

(Con Fertilización)

IV

MAIZ	FRIJOL	PAPA	MANI	YUCA							
------	--------	------	------	------	--	--	--	--	--	--	--

(Con Fertilización y Mulch)

V

MAIZ PAPA		FRIJOL	YUCA				MAIZ PAPA	BARBECHO			
-----------	--	--------	------	--	--	--	-----------	----------	--	--	--

(Con Fertilización)

VI

FRIJOL	YUCA			BARBECHO	MAIZ PAPA		FRIJOL	YUCA			
--------	------	--	--	----------	-----------	--	--------	------	--	--	--

(Con Fertilización)

### 3.4 METODO EXPERIMENTAL

#### 3.4.1 Método de Campo

##### 1. Medición de la precipitación y escorrentía

Todos los días en la mañana (7:00 a.m.) se registró la cantidad de lluvia correspondiente al día anterior captada por un pluviómetro y pluviógrafo de registro diario. Seguidamente se procedió con la medición de los volúmenes de escorrentía almacenados en los cilindros constituyentes del sistema colector de cada parcela.

##### 2. Recojo de muestras

El recojo de muestras de suelo arrastrado en la canaleta (sedimento de fondo) se realizó pesándose el total de suelo arrastrado y tomando una muestra representativa para su análisis. Igualmente, luego de medir los volúmenes de escorrentía almacenados, se tomaron alicuotas de un litro de agua con sedimentos en suspensión (previa agitación) para el análisis de sedimentos y nutrientes en el agua de escorrentía.

Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Conservación de Suelos de la Universidad Nacional Agraria, para su análisis correspondiente.

### 3.4.2 Método de Laboratorio

#### 1. Determinación de sedimentos

Luego de calcular el volumen real de agua de escorrentía, después de cada lluvia, con las muestras alicuotas de escorrentía se calculó la cantidad de sedimentos en suspensión.

Para ello los sedimentos en suspensión fueron mantenidos en reposo durante 24 horas, eliminándose el agua por medio de un sifón, procediéndose luego al secado del suelo en estufa a fin de determinar el peso de sedimento seco. La suma de los sedimentos en suspensión y sedimento de fondo recogido en la canalleta y eventualmente del primer cilindro, constituyó el suelo erosionado por parcela luego de cada lluvia.

#### 2. Análisis de nutrientes

##### -En el agua de escorrentía

Se midieron los siguientes elementos: Nitrógeno- $\text{NO}_3$ , por el método de Strickland y Parson (Trelles, 80). Fósforo, por el método de color amarillo del complejo vanado-molibdofosfórico en un sistema acidificado con ácido nítrico (Método V) (Jackson, 1970). Potasio: Fotó

métro de llama (lectura directa). Calcio, método de versenato (EDTA) 0.02N. Magnesio, método del versenato.

-En el suelo erosionado (sedimentos)

Se determinaron los siguientes nutrientes: N total, método de Kjeldah (Black, 1965). Fósforo disponible, método de Olsen (Jackson, 1970). Potasio cambiabile, método de acetato de amonio pH 7 lectura con fotómetro de llama. Calcio cambiabile, extracción con acetato de amonio pH 7 determinación del calcio con versenato. Magnesio cambiabile, extracción con acetato de amonio pH 7 y determinación con amarillo de thiazol.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1 EN ROTACIONES DE CULTIVOS

En el período de ensayo (campaña agrícola 1978-1979 y 1980) se condujo la rotación siguiente: maíz-frijol-papa-maní-yuca.

Estos cultivos fueron considerados en la rotación por las razones siguientes: la yuca y el maíz por ser comunes en la zona y por lo tanto de buena productividad. La papa por el interés de su introducción en el trópico. Frijol y maní por la necesidad de incluir leguminosas dentro de la rotación.

A continuación se discutirán los resultados obtenidos por cada cultivo incluido en la rotación.

##### 4.1.1 Cultivo de Maíz

###### 1. Valores de escorrentía y erosión

En el Cuadro 10 se presentan los valores de escorrentía y erosión producidas durante el cultivo de maíz.

El cultivo del maíz conducidos con surcos en pendiente y con la práctica del "mulch" (tratamiento IV), fue el tratamiento menos erosivo (0.3 ton/ha) y con

menores pérdidas por escorrentía (2.0% de la lluvia total).

Siendo tradicionalmente el maíz un cultivo muy erosivo (tratamiento II y III), el empleo de la práctica del "mulch" permite transformarlo en uno de características conservacionistas.

CUADRO 10. VALORES DE ESCORRENTIA, EROSION Y RENDIMIENTO CORRESPONDIENTES AL CULTIVO DE MAIZ. PERIODO 28-09-78/2-279

Tratamientos	Escorren tía % de lluvia total	Erosión ton/ha	Rendi- miento maíz gra no ton/ ha
I Suelo desnudo	13.8	23.4	---
II Maíz (sin ferti- zación)	5.8	14.5	3.2
III Maíz (con ferti- lización)	6.3	12.4	5.7
IV Maíz (con ferti- lización y "mulch")	2.0	0.3	6.2

Precipitación: 624.1 mm.

## 2. Valores de pérdida de nutrientes

El Cuadro 11 presenta el total de nutrientes perdidos, en el agua de escorrentía y el suelo erosionado. Estos valores fueron menores en el cultivo de maíz con fertilización y "mulch" (Trat.

CUADRO 11. VALORES DE PERDIDA DE NUTRIENTES EN EL AGUA DE ESCORRENTIA Y EN EL SUELO EROSIONADO DURANTE EL CULTIVO DE MAIZ. PERIODO 18-09-78/2-2-79

Tratamientos	Rendimiento ton/ha	Nutrientes en kg/ha									
		En la Escorrentía					En el Suelo Erosionado				
		N-NO <sub>3</sub>	P	Ca	Mg	K	N Total	P	Ca	Mg	K
I Suelo desnudo	---	1.0	0.3	3.4	1.6	1.0	25.2	0.9	20.0	1.6	0.6
II Maíz (Sin fertilización)	3.2	0.9	0.2	1.8	0.4	0.6	9.0	0.7	15.9	1.0	0.8
III Maíz (Con fertilización)	5.7	1.0	0.3	1.9	0.4	3.4	13.3	0.8	16.4	1.1	0.7
IV Maíz (Con fertilización y "mulch")	6.2	0.6	0.1	0.6	0.1	2.0	0.6	0.0	0.4	0.0	0.0



FOTOS 1-2. VISTA DE DOS PARCELAS DE ESCORRENTIA CON EL CULTIVO DE MAIZ CONDUCTO EN EL SENTIDO DE LA MAXIMA PENDIENTE, CON FERTILIZACION (1) Y SIN FERTILIZACION (2).

IV), debido a la menor escorrentía y erosión producidas. El mismo tratamiento presentó los menores valores de nutrientes perdidos en el suelo erosionado.

La pérdida de nutrientes está en relación directa a la cantidad del agua de escorrentía y del suelo erosionado y la concentración de nutrientes en el suelo.

Las mayores pérdidas de nutrientes en el suelo erosionado (Trat. I y III) se explican por la mayor erosión ocurrida en el tratamiento con suelo desnudo (Trat. I) y a la fertilización en el Tratamiento III.

Los nutrientes que presentaron mayores pérdidas tanto en el agua de escorrentía como en el suelo erosionado fueron el N-NO<sub>3</sub> y el Ca por ser elementos bastante móviles en el suelo.

### 3. Valores de rendimiento

Los rendimientos obtenidos de maíz-gra no fueron buenos en los tratamientos III y IV (Cuadro 10) presentando el

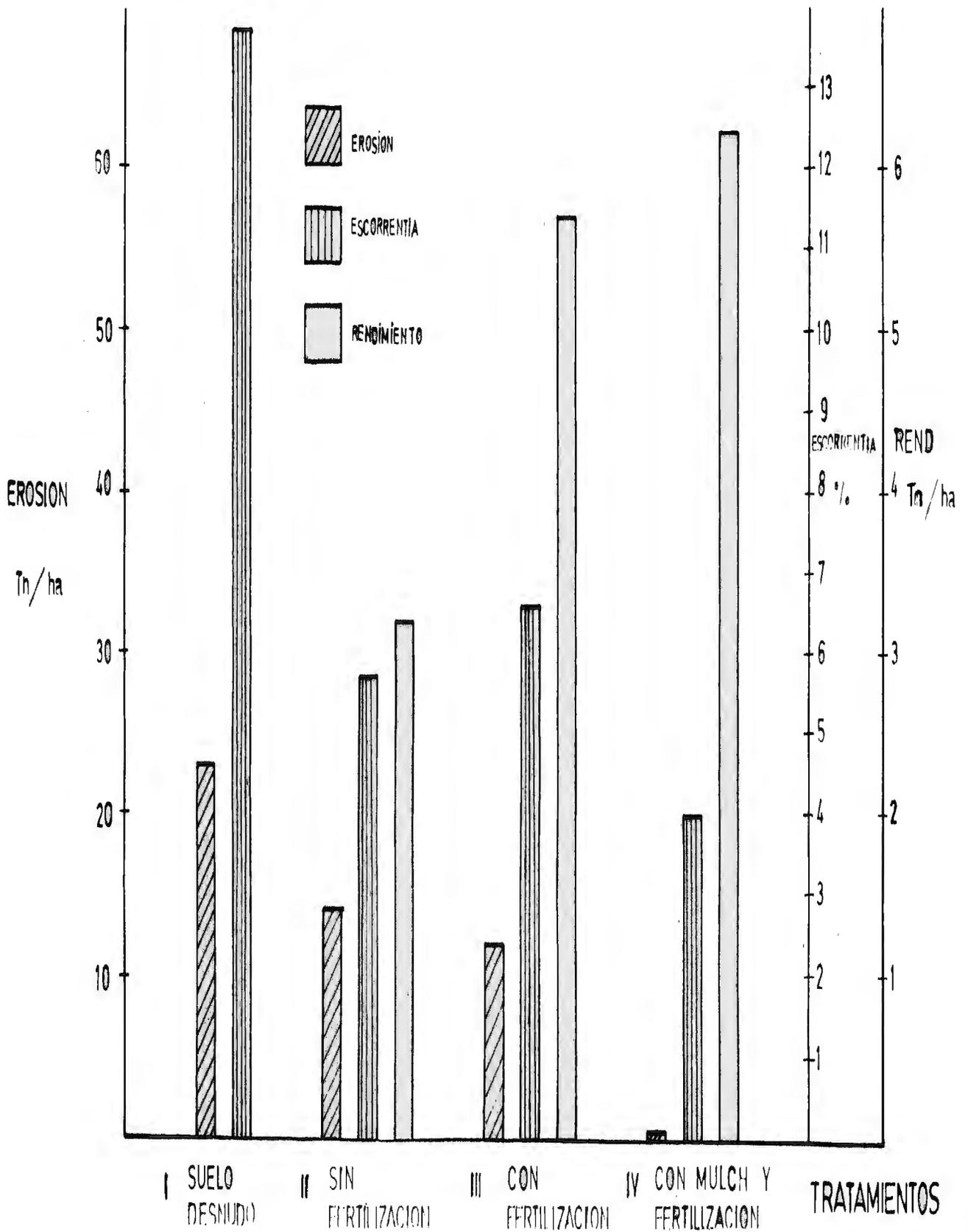


GRAFICO 3 EROSION, ESCORRENTIA Y RENDIMIENTO PRODUCIDOS DURANTE EL CULTIVO DE MAIZ PERIODO 28-09-1978 ' 02-02-1979 (San Ramon - Chanchamayo)



FOTO 3. VISTA DE UNA PARCELA DE MAIZ, DONDE SE APRECIA EL RASTROJO PROVENIENTE DEL CULTIVO ANTERIOR (ASOCIACION DE PASTOS) QUE ACTUA A MANERA DE "MULCH" PROTEGIENDO AL SUELO DE LA ACCION ERO-SIVA DE LAS LLUVIAS.

tratamiento sin fertilización, el menor valor. Destaca notoriamente el tratamiento con "mulch" y aradura mínima que obtuvo el más alto rendimiento (Gráfico 10). Como puede observarse, existe una relación inversa entre el rendimiento y la erosión. Al ser el maíz un cultivo de características erosivas, responde favorablemente a la aplicación de prácticas de conservación. (Lal. 42), lo que se destaca en el incremento de su producción. Los rendimientos obtenidos son altos en relación al promedio nacional que es de 2.5 ton/ha y al promedio del Selva que es de 2.0 ton/ha.

#### 4.1.2 Cultivo de Frijol

##### 1. Valores de escorrentía y erosión

En el Cuadro 12 se presentan los valores de escorrentía y erosión producidos durante el cultivo del frijol.

El empleo del "mulch" (Trat.IV) presentó nuevamente los valores más bajos de erosión y escorrentía 1 ton/ha de suelo erosionado y 2.4% de la lluvia total respectivamente. Estos valores son aproximadamente 6 veces menores a los ob

tenidos por los tratamientos II y III (sin y con fertilización).

Es la utilización del "mulch", que evita el impacto de la gota de lluvia y su acción disgregadora del suelo, la que permite establecer estas diferencias significativas.

CUADRO 12. VALORES DE ESCORRENTIA, EROSION DEL SUELO Y RENDIMIENTO CORRESPONDIENTES AL CULTIVO DE FRIJOL. PERIODO 3-2-79/24-4-79

Tratamiento	Escorrentía % de lluvia total	Erosión ton/ha	Rendimiento en grano ton/ha
I Suelo desnudo	11.4	6.5	----
II Frijol (sin fertilización)	11.5	5.8	1.30
III Frijol (con fertilización)	12.8	6.1	1.20
IV Frijol (con fertilización y "mulch")	2.4	1.0	1.60

Precipitación: 715 mm.

## 2. Valores de pérdida de nutrientes

El total de nutrientes perdidos en el suelo erosionado y en el agua de escorrentía durante la campaña de frijol se muestra en el Cuadro 13.

CUADRO 13. VALORES DE PERDIDA DE NUTRIENTES EN EL AGUA DE ESCORRENTIA Y EN EL SUELO EROSIONADO DURANTE EL CULTIVO DE FRIJOL. PERIODO 3-2-79/24-4-79

Tratamientos	Rendimiento ton/ha	Nutrientes en kg/ha									
		En la Escorrentía					En el Suelo Erosionado				
		N-NO <sub>3</sub>	P	Ca	Mg	K	N Total	P	Ca	Mg	K
I Suelo desnudo	---	2.5	0.2	3.9	0.6	1.3	9.9	0.4	7.9	0.5	0.6
II Frijol (Sin fertilización)	1.3	1.7	0.2	4.0	0.7	1.1	8.4	0.3	7.1	0.4	0.2
III Frijol (Con fertilización)	1.2	1.3	0.2	5.9	0.5	0.7	7.5	0.4	7.3	0.6	0.3
IV Frijol (Con fertilización "mulch")	1.6	0.4	0.0	1.3	0.1	0.4	2.35	0.1	1.7	0.1	0.1

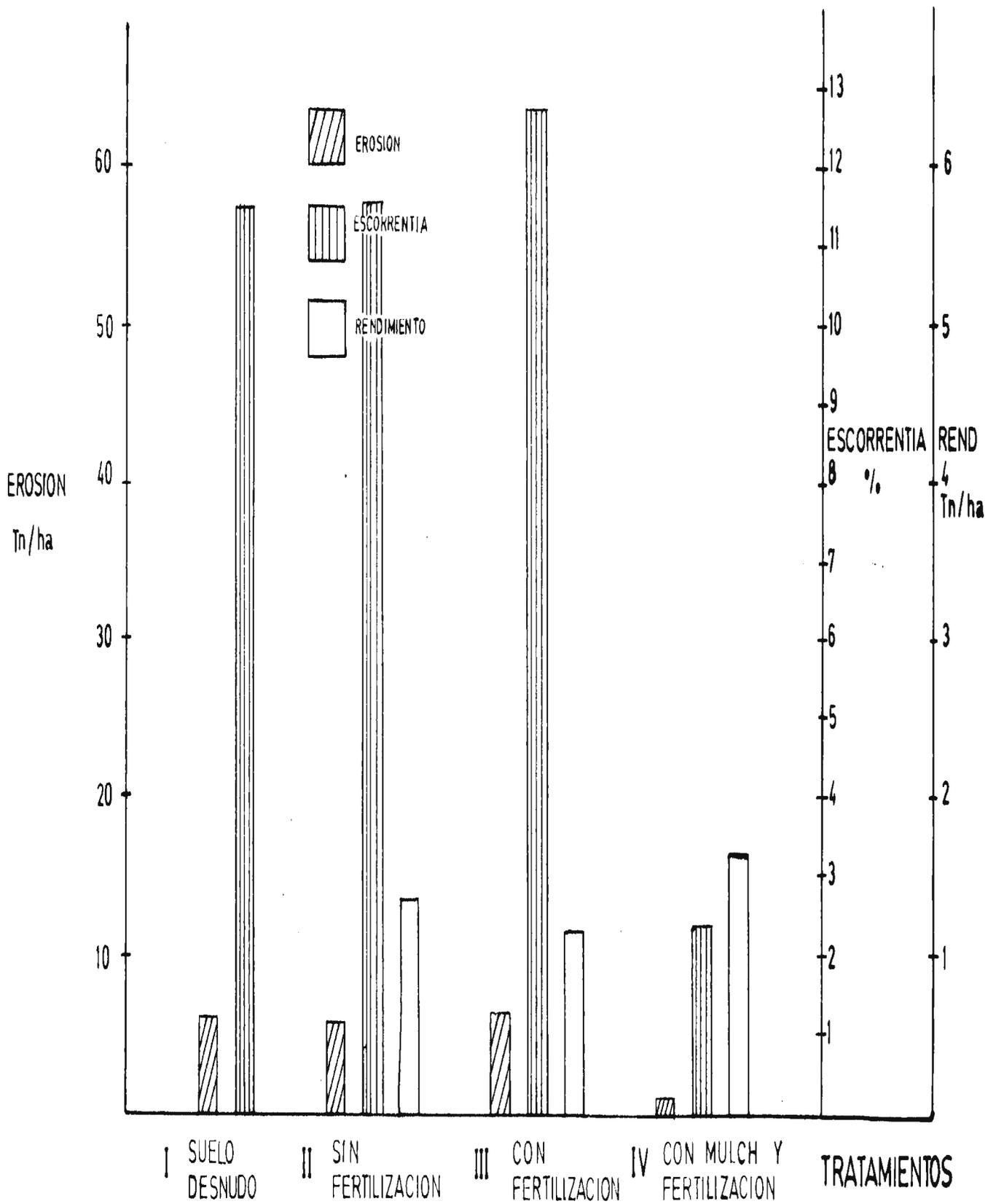


GRAFICO 4 EROSION, ESCORRENTIA Y RENDIMIENTO PRODUCIDOS DURANTE EL CULTIVO DE FRIJOL PERIODO 03-02-1979 / 24-04-1979 (San Ramon - Chanchamayo)

En el agua de escorrentía, el tratamiento con "mulch" y fertilización (Trat. IV), pierde menos N-NO<sub>3</sub>, calcio, potasio, magnesio y fósforo. El tratamiento con suelo desnudo presenta los más altos valores de pérdida de nutrientes, debido principalmente al mayor volumen del agua de escorrentía.

En el suelo erosionado se observa la misma tendencia, las menores pérdidas para el tratamiento IV, con "mulch" y fertilización, y las mayores pérdidas para el tratamiento I con suelo desnudo. Estableciéndose una relación directa con la erosión del suelo.

El N-NO<sub>3</sub> y el Calcio fueron los nutrientes que más se perdieron en el agua de escorrentía, de igual forma que en el suelo erosionado.

### 3. Valores de rendimiento

Los rendimientos de frijol (Cuadro 12) cultivar "castilla" fueron altos para la zona (promedio de 1 ton/ha), no se observó respuesta a la fertilización, lo cual indica que las necesidades de nutrientes fueron aportadas por el suelo.

Igualmente se puede atribuir un efecto detrimental de la fertilización sobre la capacidad fijadora del nitrógeno atmosférico. En cambio, si hubo efecto favorable del "mulch" debido al mejor microclima que produce para el cultivo (Gráfico 10).

#### 4.1.3 Cultivo de Papa

##### 1. Valores de Escorrentía y Erosión

En el Cuadro 14 se presentan los valores de escorrentía y erosión producidos durante el cultivo de papa.

El cultivo de papa que se está tratando de introducir en los trópicos, al ser conducido en forma convencional (Trat. II y III), somete al suelo a una fuerte acción erosiva, principalmente por la destrucción de los agregados del suelo al realizar las labores de preparación de suelos para la siembra y el aporque, poca cobertura vegetal del cultivo por el déficit de agua, lo que expuso al sulo a una fuerte acción erosiva, principalmente por la destrucción de los agregados del suelo al realizar las labores de preparación de suelos para la siem-

bra y el aporque, poca cobertura vegetal del cultivo por el déficit de agua, lo que expuso al suelo a la máxima acción destructora de la lluvia. La ocurrencia de lluvias del tipo "caliente" que son las más erosivas, produjeron pérdidas muy altas en los tratamientos I, II y III.

La técnica del "mulch" empleado con el cultivo de papa (trat. IV) protegió bien el suelo, disminuyendo en aproximadamente seis veces lo perdido con el sistema convencional.

CUADRO 14. VALORES DE ESCORRENTIA, EROSION DEL SUELO Y RENDIMIENTO CORRESPONDIENTES AL CULTIVO DE PAPA. PERIODO 5-5-79/4-9-79

Tratamiento	Escorren tía % de lluvia total	Erosión ton/ha	Rendimien to de tu- bérculo ton/ha
I Suelo desnudo	12.2	15.4	---
II Papa (sin fertili zación)	4.7	11.7	0.3
III Papa (con fertili zación)	6.2	15.2	2.2
IV Papa (con fertili zación y "mulch")	1.8	2.5	2.9

Precipitación: 297.5 mm.

## 2. Valores de pérdida de nutrientes

Los datos de nutrientes perdidos en el suelo erosionado y en el agua de escorrentía, durante el cultivo de papa se presentan en el Cuadro 15.

En el agua de escorrentía, el tratamiento con "mulch" y fertilización (Trat. IV), pierde menos nutrientes respecto de los otros tratamientos. En general los valores son bajos debido a la precipitación de la época, lo cual redujo los volúmenes de escorrentía. Una vez más se comprueba que los elementos más susceptibles al arrastre son el N y el Ca.

## 3. Valores de rendimiento

En este período se produjeron valores muy bajos de producción de tubérculos (Cuadro 14) debido fundamentalmente a la falta de humedad para el desarrollo del cultivo causado por la menor presencia de lluvia. La papa requiere entre 600 a 800 mm de lluvia por campaña y en este caso sólo dispuso de aproximadamente 300 mm (Gráfico 10). A esto se añadió deficiencias en el brotamien-  
to de los tubérculos-semilla y la presen-  
cia de plagas y enfermedades.

CUADRO 15. VALORES DE PERDIDA DE NUTRIENTES EN EL AGUA DE ESCORRENTIA Y EN EL SUELO EROSIONADO DURANTE EL CULTIVO DE PAPA, PERIODO 5-5-79 AL 4-9-79

Tratamiento	Rendimiento ton/ha	Nutrientes en kg/ha									
		En la Escorrentía					En el Suelo Erosionado				
		N-NO <sub>3</sub>	P	Ca	Mg	K	N Total	P	Ca	Mg	Kg
I Suelo desnudo	---	1.3	0.1	1.6	0.3	0.5	16.8	1.1	16.1	1.1	1.4
II Papa (Sin fertilización)	0.3	0.2	0.0	0.6	0.1	0.2	11.2	0.7	11.2	0.8	0.2
III Papa (Con fertilización)	2.2	0.3	0.0	1.2	0.1	0.1	13.9	1.0	15.0	1.6	0.4
IV Papa (Con fertilización "mulch")	2.9	0.1	0.0	0.3	0.0	0.1	2.9	0.2	2.7	0.2	0.2

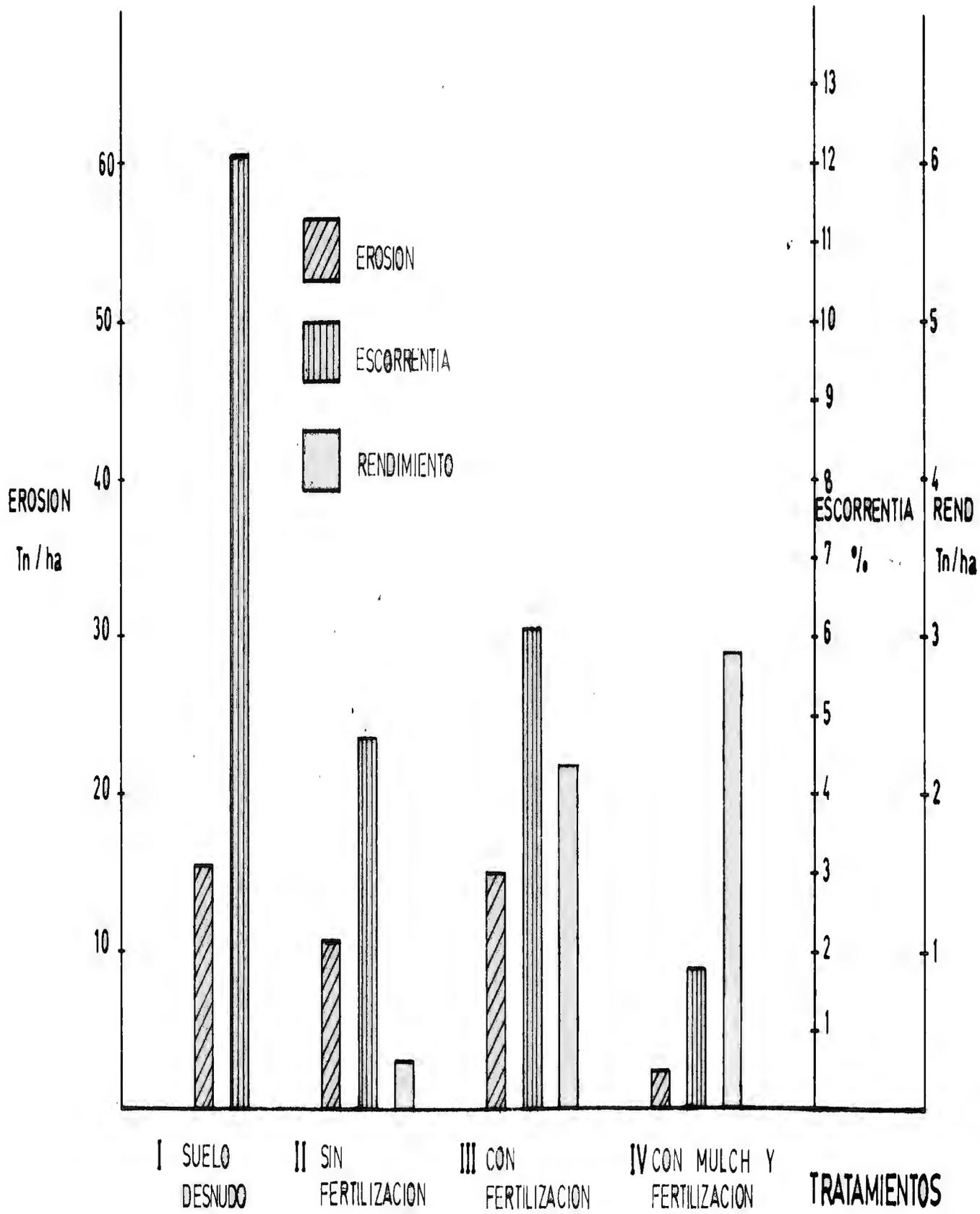


GRAFICO 5 EROSION, ESCORRENTIA Y RENDIMIENTO PRODUCIDOS DURANTE EL CULTIVO DE PAPA PERIODO 05-05-1979 / 04-09-1979 (San Ramon Chanchamayo)

La siembra en esta época fue resultado de estudios previos realizados por Alegre (6) en la zona. Determinándose al período de Mayo a Setiembre como la época más adecuada para poder efectuar mejores controles sanitarios y labores culturales, así como para el almacenamiento de los tubérculos. Sin embargo, para el caso particular del área experimental al presentarse una mayor exposición solar, estuvo sujeta a un mayor desecamiento. Ello, sumado a la escasa precipitación caída en ese período, determinaron un deficiente desarrollo del cultivo.

#### 4.1.4 Cultivo de Maní

##### 1. Valores de escorrentía y erosión

El Cuadro 16 muestra los valores de escorrentía y erosión producidos durante el cultivo de maní.

El maní, de acuerdo con los resultados obtenidos presentó los más altos valores de pérdida de agua y suelo de todos los cultivos de esta rotación, considerándose por lo tanto como un cultivo muy erosivo. Ello puede deberse principalmente a su hábito de crecimiento: follaje poco denso y frágil, debido al tamaño pequeño de sus folíolos y

la flexibilidad de sus tallos (Silvestre P. 72), lo cual deviene en una menor cobertura y protección del suelo al impacto de las gotas de lluvia. Las mayores pérdidas de suelo fueron provocadas por los Trat. I, III y II con 45.7, 41.6 y 33.9 ton/ha respectivamente. El tratamiento IV que es semejante al tratamiento III con la única diferencia del empleo de la práctica del "mulch", presentó valores cuatro veces menores respecto de la pérdida de agua, con lo que se reafirma la característica benéfica del empleo del "mulch", como práctica de conservación del suelo. Así el maní caracterizado como cultivo erosivo, mediante esta práctica se convierte en un cultivo menos erosivo.

CUADRO 16. VALORES DE ESCORRENTIA, EROSION DEL SUELO Y RENDIMIENTO CORRESPONDIENTES AL CULTIVO DE MANI PERIODO 5-9-79/29-12-79

Tratamiento	Escorrentía % de lluvia total	Erosión ton/ha	Rendimiento en Cáscara ton/ha
I Suelo desnudo	11.3	45.7	---
II Maní (sin fertilización)	8.2	33.9	4.2
III Maní (con fertilización)	9.3	41.6	3.7
IV Maní (con fertilización y "mulch")	3.3	10.4	4.0

Precipitación: 720.9 mm.

## 2. Valores de pérdida de nutrientes.

Los nutrientes perdidos en el suelo erosionado y en el agua de escorrentía, durante la campaña de maíz se presentan en el Cuadro 17.

En el agua de escorrentía, el tratamiento con suelo desnudo presenta las mayores pérdidas, a diferencia del tratamiento con "mulch" y fertilización. (Trat.IV), con las menores pérdidas, esto por las diferencias en los volúmenes de escorrentía. Asimismo, el tratamiento III supera el tratamiento IV en la pérdida de nutrientes.

En el suelo erosionado, se observa el mismo patrón; las menores pérdidas para el tratamiento con "mulch" y fertilización y las mayores pérdidas para el tratamiento con suelo desnudo, estableciéndose una relación directa con la erosión del suelo. Los nutrientes que más se perdieron en el agua de escorrentía fueron una vez más el N-NO<sub>3</sub> y el Calcio. En el suelo erosionado la pérdida de estos nutrientes supera ampliamente a los valores hallados con los cultivos de maíz, frijol y papa vistos anteriormente.

CUADRO 17. VALORES DE PERDIDA DE NUTRIENTES EN EL AGUA DE ESCORRENTIA Y EN EL SUELO EROSIONADO DURANTE EL CULTIVO DE MANI. PERIODO 5-9-79/29-12-79

Tratamiento	Rendimiento ton/ha	Nutrientes en kg/ha									
		En la Escorrentía					En el Suelo Erosionado				
		N-NO <sub>3</sub>	P	Ca	Mg	K	N Total	P	Ca	Mg	K
I Suelo desnudo	---	2.9	0.3	3.8	0.6	1.2	53.8	3.1	49.8	3.4	4.2
II Maní (Sin fertilización)	4.2	0.9	0.1	2.6	0.5	1.0	35.3	2.0	34.0	2.4	0.8
III Maní (Con fertilización)	3.7	1.0	0.1	4.4	0.4	0.5	41.3	2.9	42.8	3.6	1.4
IV Maní (Con fertilización y "mulch")	4.0	0.5	0.1	1.8	0.2	0.5	13.1	0.9	11.9	0.8	0.9

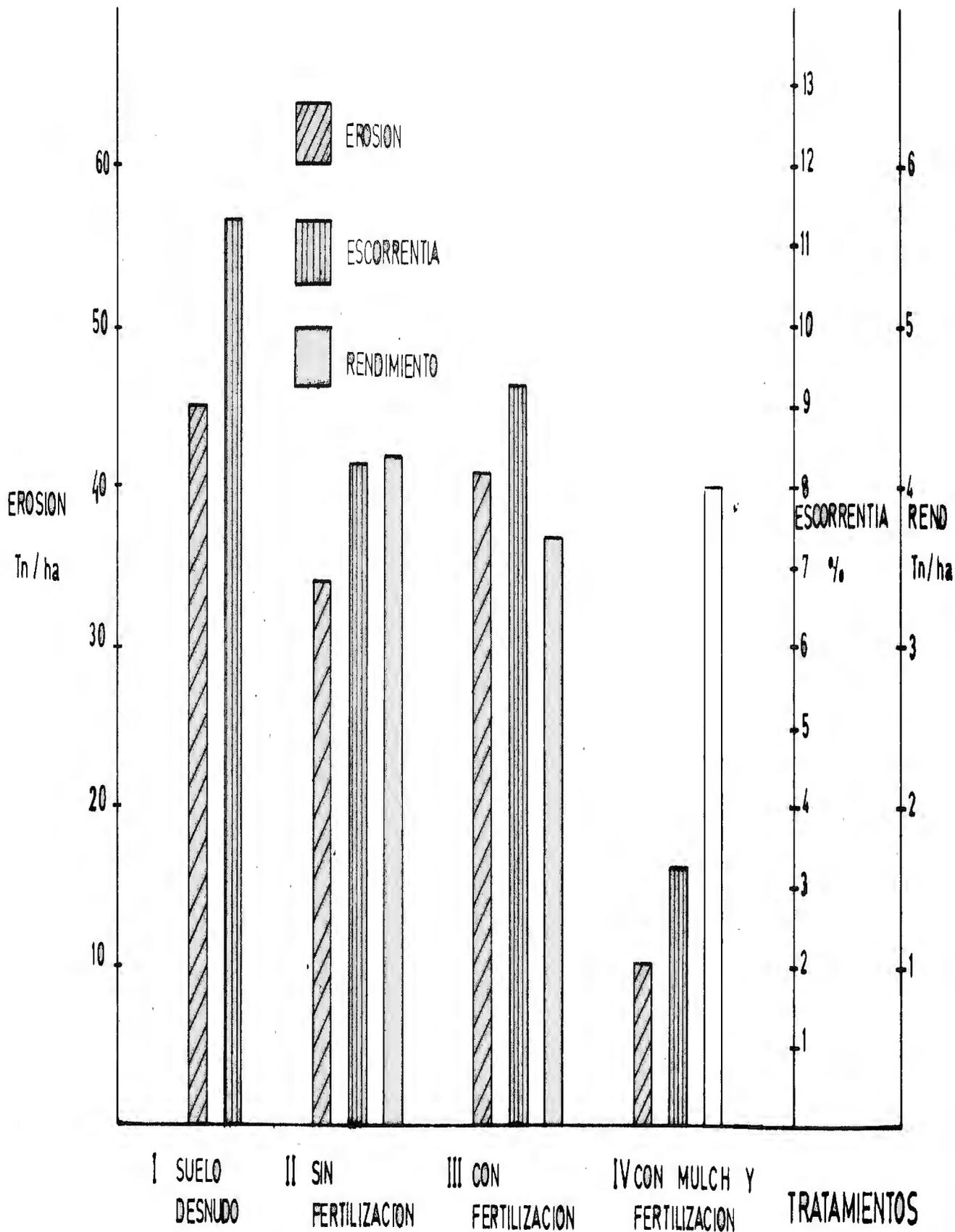


GRAFICO 6 EROSION, ESCORRENTIA Y RENDIMIENTO PRODUCIDOS DURANTE EL CULTIVO DE MANI PERIODO 05-09-1979 / 29-12-1979 (San Ramon Chanchamayo)

### 3. Valores de rendimiento

Los rendimientos de maní (Cuadro 16) fueron altos, sin embargo no se obtuvo respuesta a la fertilización probablemente por un efecto depresivo de la aplicación de nitrógeno sobre la acción fijadora de nitrógeno atmosférico.

El exceso de humedad de las parcelas con "mulch" provocó pudriciones en los frutos y por consiguiente un menor rendimiento que en el caso del tratamiento sin fertilización y sin "mulch". (Gráfico 10).

#### 4.1.5 Cultivo de Yuca

##### 1. Valores de escorrentía y erosión

El Cuadro 18 presenta los valores de escorrentía y erosión producidos durante el cultivo de yuca.

El cultivo de yuca presenta fuertes pérdidas de agua y de suelo. Las mayores etapas erosivas se produjeron en los dos primeros meses de su crecimiento, período en el cual la cobertura vegetal es mínima y los factores erosivos actuaron al máximo, destruyendo la estructura del suelo, disgregando los agregados en sus partículas

constituyentes, provocando las partículas más finas el taponamiento de los poros, disminuyendo así la capacidad de infiltración del suelo, aumentando en cambio la escorrentía superficial.

CUADRO 18. VALORES DE ESCORRENTIA, EROSION DEL SUELO Y RENDIMIENTO CORRESPONDIENTES AL CULTIVO DE YUCA. PERIODO 30-12-79/1-10-80

Tratamiento	Escorrentía % de lluvia total	Erosión ton/ha	Rendimiento de raíces ton/ha
I Suelo desnudo	10.9	7.75	----
II Yuca (sin fertilización)	10.3	21.95	14.7
III Yuca (con fertilización)	11.4	28.84	15.3
IV Yuca (con fertilización y "mulch")	3.6	1.68	20.8

Precipitación: 763.3 mm.

Las mayores pérdidas fueron obtenidas por los tratamientos II (21.9 ton/ha) y III (28.8 ton/ha). Esta característica del cultivo de yuca, de lento desarrollo vegetativo durante los dos primeros meses de su crecimiento, fue minimizado con el empleo de la práctica del "mulch" que protegió eficientemente el suelo reduciendo aproximadamente en 15 veces la pérdida del suelo y en tres veces la pérdida de agua en comparación con los otros tratamientos.

## 2. Valores de pérdidas de nutrientes

Los nutrientes perdidos en el suelo erosionado y en el agua de escorrentía durante el cultivo de yuca se presentan en el Cuadro 19.

Los valores más altos de pérdidas de nutrientes en el agua de escorrentía pertenecen al tratamiento I, suelo desnudo, los menores corresponden al tratamiento IV con "mulch". Las mayores pérdidas son de N-NO<sub>3</sub> y de Calcio, elementos altamente solubles en el agua.

En el suelo erosionado las mayores pérdidas corresponden a los tratamientos II y III y los menores al tratamiento con suelo desnudo y con fertilización y "mulch". El suelo desnudo presenta menores pérdidas por la menor cantidad de suelo erosionado.

## 3. Valores de rendimiento

Los rendimientos de yuca fueron aceptables considerando el período de uso del terreno y comparándolo con el promedio nacional de 10 ton/ha de yuca. El mayor rendimiento correspondió al tratamiento con "mulch" y fertilización, asociado a las menores pér-

CUADRO 19. VALORES DE PERDIDA DE NUTRIENTES EN EL AGUA DE ESCORRENTIA Y EN EL SUELO EROSIONADO DURANTE EL CULTIVO DE YUCA (PERIODO 30-12-79/01-10-80)

Tratamiento	Rendimiento ton/ha	Nutrientes en kg/ha									
		En la Escorrentía					En el Suelo Erosionado				
		N-NO <sub>3</sub>	P	Ca	Mg	K	N Total	P	Ca	Mg	K
I Suelo erosionado	----	2.9	0.3	3.9	0.6	1.2	11.2	0.5	9.4	0.5	0.7
II Yuca (Sin fertilización)	14.7	1.3	0.2	3.5	0.6	1.3	23.2	1.3	22.1	1.5	0.6
III Yuca (Con fertilización)	15.3	1.3	0.2	5.6	0.5	0.7	33.1	1.9	32.2	2.4	1.2
IV Yuca (Con fertilización y "mulch")	20.8	0.5	0.1	1.8	0.2	0.5	10.8	0.5	6.0	0.5	0.5

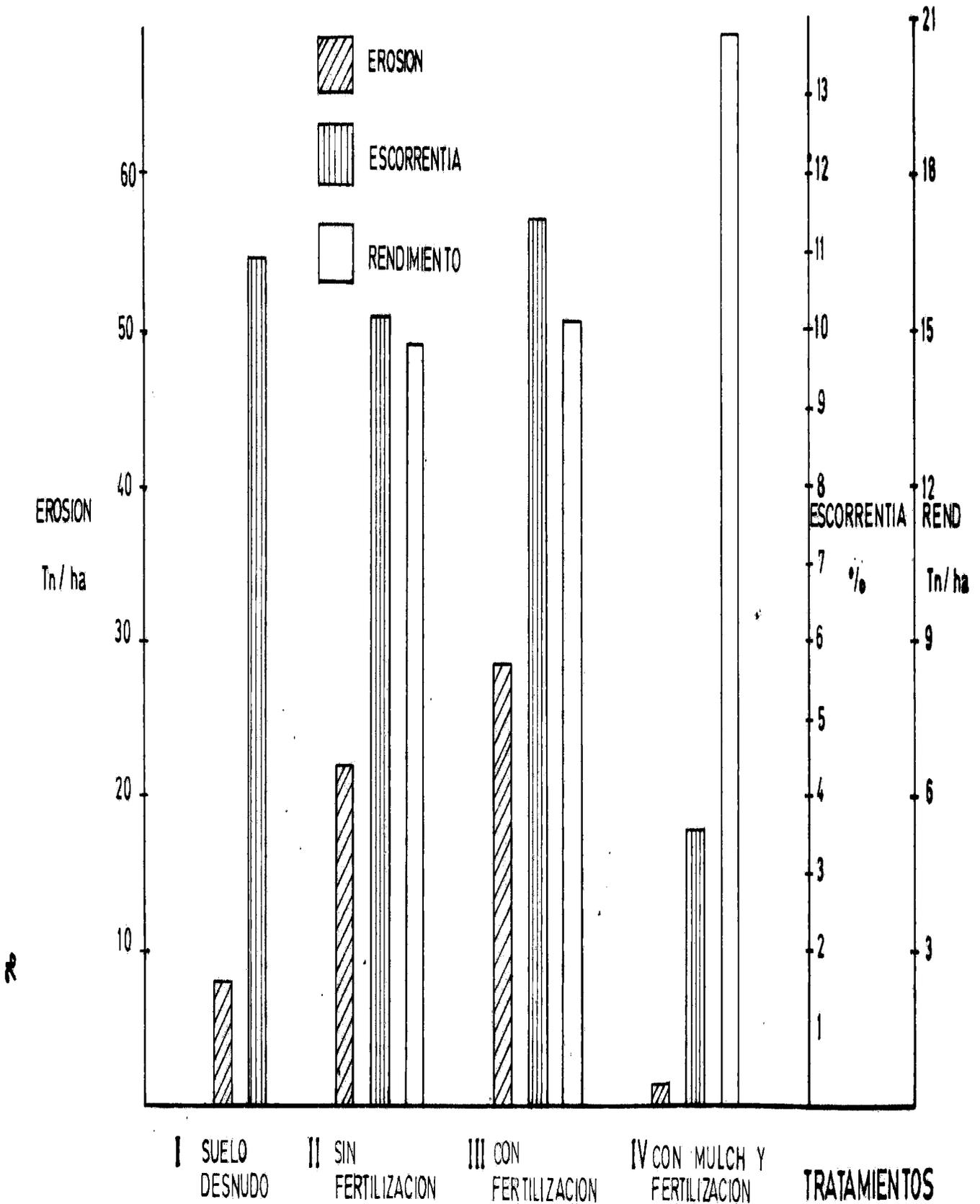


GRAFICO 7 EROSION, ESCORRENTIA Y RENDIMIENTO PRODUCIDOS DURANTE EL CULTIVO DE YUCA PERIODO 30-12-1979 / 01-10-1980 (San Ramon Chanchamayo)

didadas por erosión y escorrentía (Cuadro 18 y Gráfico 10).

#### 4.1.6 Rotación Maíz-Frijol-Papa (Campaña Agrícola 78/79)

##### 1. Valores de escorrentía y erosión

En el Cuadro 20 se presentan los valores de escorrentía (% de lluvia total) y erosión (TM/Ha) acumulados durante la campaña agrícola 1978-1979.

Los mayores volúmenes de escorrentía fueron proporcionados por aquellos tratamientos que presentaron menor cobertura del suelo. Estos fueron el tratamiento I (suelo desnudo) y las rotaciones sin aplicación de "mulch" (Trat. II y III), las diferencias entre estos dos tratamientos no fueron estadísticamente significativas. Comparando estos datos con los resultados obtenidos por la misma rotación, pero con la aplicación de "mulch" la escorrentía fue significativamente menor. De allí se desprende que la práctica de aplicar "mulch" conservó eficientemente el agua respecto de los otros tratamientos, esto por la protección que brinda al suelo, evitando el impacto directo de las gotas de lluvia y manteniendo al máximo la infiltrabilidad del suelo

al disminuir la velocidad del flujo de agua de escorrentía superficial.

El mismo cuadro muestra los valores de erosión por tratamiento correspondiendo las mayores pérdidas de suelo al tratamiento I (45.3 ton/ha/año). Este tratamiento mantuvo al suelo libre de vegetación, mediante deshierbos a mano, durante toda la campaña agrícola dejándolo a merced de la erosividad de las lluvias. El impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo fue máximo, provocando una intensa desagregación del suelo en sus partículas constituyentes, haciéndolo más susceptible al arrastre por la escorrentía. Casi simultáneamente las partículas finas disgregadas provocaron el taponamiento de los poros por lo cual disminuyó la permeabilidad y aumentó la capacidad erosiva del agua de escorrentía.

CUADRO 20. VALORES DE ESCORRENTIA Y EROSION DEL SUELO CORRESPONDIENTES A LA ROTACION MAIZ-FRIJOL-PAPA. CAMPAÑA AGRICOLA 1978-1979

Tratamientos	Escorrentía % de lluvia total	Erosión
I Suelo desnudo	12.5	45.3
II Rotación maíz-frijol-papa sin fertilización	8.1	32.0
III Rotación maíz-frijol-papa con fertilización	9.1	33.7
IV Rotación maíz-frijol-papa con fertilización y "mulch"	2.1	3.8

Precipitación: 1,636.6 mm.

Los tratamientos II y III con 32 y 33 ton/ha/año de suelo erosionado respectivamente representaron la explotación continua del terreno, en condiciones de ladera, conducidos sin fertilización y con fertilización, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas entre sí.

Si bien estos valores son menores al obtenido por el tratamiento I, sin embargo superan al límite de tolerancia de pérdida de suelo en condiciones tropicales dados por Bertoni (11).

El tratamiento IV, con fertilización y "mulch" al disminuir la escorrentía superficial, reduce notablemente la pérdida del suelo en aproximadamente nueve (9) veces con relación a los tratamientos II y III en que no se utiliza esta práctica.

## 2. Valores de pérdida de nutrientes

Los valores de pérdida de nutrientes en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado durante la rotación se presentan en el Cuadro 21.

CUADRO 21. VALORES DE PERDIDA DE NUTRIENTES EN EL AGUA DE ESCORRENTIA Y EN EL SUELO EROSIONADO DURANTE LA CAMPAÑA 1978/1979-ROTACION MAIZ-FRIJOL-PAPA

Tratamiento	Nutrientes en kg/ha									
	En la Escorrentía					En el Suelo Erosionado				
	N-NO <sub>3</sub>	P	Ca	Mg	K	N Total	P	Ca	Mg	K
I Suelo desnudo	4.8	0.6	8.9	2.5	2.8	51.9	2.4	43.7	3.2	2.6
II Rotación Maíz-Frijol-Papa (Sin fertilización)	2.8	0.4	6.4	1.2	1.9	28.6	1.7	34.2	2.2	1.2
III Rotación Maíz-Frijol-Papa (Con fertilización)	2.6	0.5	9.0	1.0	4.2	34.7	2.2	38.7	3.3	1.4
IV Rotación Maíz-Frijol-Papa (Con fertilización y "mulch")	1.1	0.1	2.2	0.2	2.5	5.8	0.3	4.8	0.3	0.3

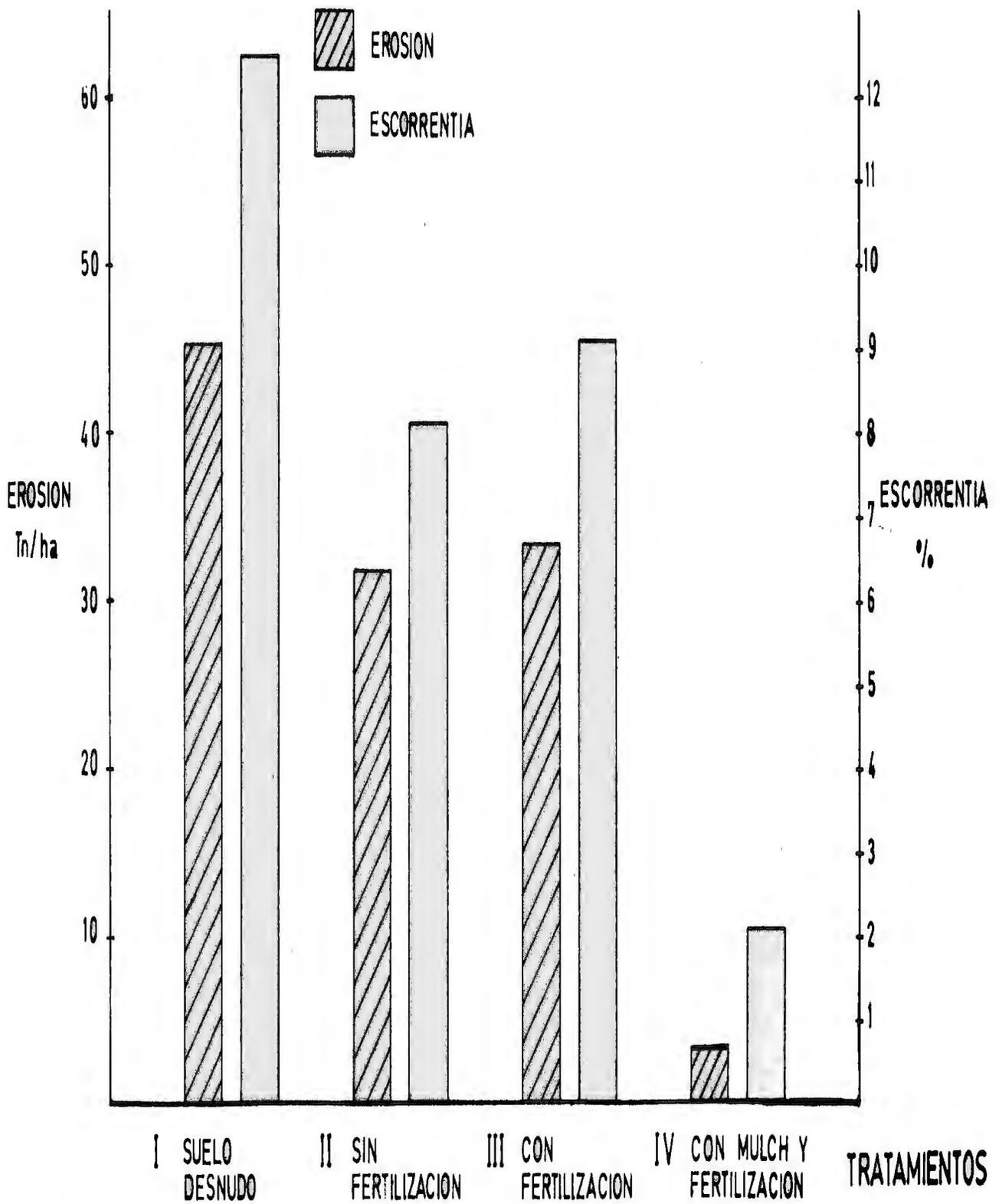


GRAFICO 8 EROSION Y ESCORRENTIA CORRESPONDIENTE A LA ROTACION :  
MAIZ - FRIJOL - PAPA 1978 / 1979

Los valores más altos corresponden al tratamiento I con suelo desnudo y las menores pérdidas al tratamiento IV con "mulch", debido a la mayor protección del suelo brindada por esta práctica.

El  $N-NO_3$ , Calcio y Potasio, fueron los nutrientes que más se perdieron en el agua de escorrentía.

En el suelo erosionado, las mayores pérdidas correspondieron a los tratamientos I, II y III, debido a la mayor pérdida de suelo durante la campaña agrícola.

La aplicación del "mulch" (Tratamiento IV) presentó las menores pérdidas. En el suelo erosionado el nitrógeno y calcio son los nutrientes que más se pierden.

#### 4.1.7 Rotación Maní-Yuca (Campaña Agrícola 1979-1980)

##### 1. Valores de escorrentía y erosión

En el Cuadro 22 se presentan los valores de escorrentía y erosión acumuladas durante la campaña agrícola 1979-1980.

Los mayores volúmenes de escorrentía fueron proporcionados por aquellos tratamien-

tos que presentaron menor cobertura del suelo, tratamientos I, II y III, con 12.5, 8.1 y 9.1 del porcentaje de la lluvia total respectivamente. Las diferencias entre los promedios mediante la prueba de Duncan no presentaron significación estadística.

En esta campaña se comprueba una vez más la eficiencia de la técnica del "mulch", en la conservación del agua y del suelo en comparación con los otros tratamientos.

Las mayores pérdidas de suelo se observan en el tratamiento III, debido principalmente a la fuerte erosión producida durante el período con el cultivo de maní que presentó características de ser un cultivo muy erosivo, sumado a esto la agresividad que presentaron las lluvias durante ese período (720.9 mm/4 meses).

El tratamiento I, con suelo desnudo que debía ser el que presente mayores pérdidas de suelo, dio valores menores que los tratamientos II y III debido a que el deshierbo manual para mantener el suelo desnudo fue descuidado a partir de enero de 1980.

CUADRO 22. VALORES DE ESCORRENTIA Y EROSION DEL SUELO CORRESPONDIENTES A LA ROTACION MANI-YUCA CAMPAÑA AGRICOLA 1979-1980

Tratamientos	Escorrentía % de lluvia total	Erosión ton/ha
I Suelo desnudo	11.2	53.4
II Rotación maní-yuca sin fertilización	9.3	55.8
III Rotación maní-yuca con fertilización	10.5	70.4
IV Rotación maní-yuca con fertilización y "mulch"	3.8	12.1

Precipitación: 1,484.2 mm.

Por lo tanto, al presentar la parcela un poco de vegetación natural, ella le confirió cierto grado de cobertura al suelo haciéndolo menos susceptible a la acción erosiva de las lluvias.

Se debe remarcar que las pérdidas de suelo en esta campaña tendieron a ser superiores a las del período 1978-1979 probablemente debido a que algunas características físicas como la agregación y la capacidad de infiltración disminuyeron.

## 2. Valores de pérdida de nutrientes

Las pérdidas de nutrientes en el suelo erosionado y en el agua de escorrentía durante la rotación se muestran en el Cuadro 23.

Las mayores pérdidas en el agua de escorrentía fueron ocasionadas por el tratamiento I, suelo desnudo y las menores correspondieron al manejo de suelos, con la técnica del "mulch". Los nutrientes que más se perdieron fueron el Calcio y los nitratos.

En el suelo erosionado, las mayores pérdidas fueron de los tratamientos I y III (suelo desnudo y tratamiento con fertilización). El tratamiento IV por la aplicación del "mulch" provocó las menores pérdidas. Los nutrientes que más se perdieron fueron nuevamente el N y el Ca.

La mayor pérdida de suelo que se observa en el tratamiento con fertilización, respecto del tratamiento sin fertilizar (Cuadros 20 y 22) se clarifica al analizar los datos obtenidos por los cultivos durante la rotación, así se observan culti-

CUADRO 23. VALORES DE PERDIDA DE NUTRIENTES EN EL AGUA DE ESCORRENTIA Y EN EL SUELO EROSIONADO DURANTE LA CAMPAÑA 1979/1980. ROTACION MANI-YUCA

Tratamiento	Nutrientes en kg/ha									
	En la Escorrentía					En el Suelo Erosionado				
	N-NO <sub>3</sub>	P	Ca	Mg	K	N Total	P	Ca	Mg	K
I Suelo desnudo	5.8	0.6	7.7	1.2	2.4	65.0	3.6	59.2	3.9	4.9
II Maní-Yuca (sin fertilización)	2.2	0.3	6.1	1.1	2.3	58.5	3.3	56.1	3.9	1.4
III Maní-Yuca (con fertilización)	2.3	0.3	10.0	0.9	1.2	74.4	4.8	75.0	6.0	2.6
IV Maní-Yuca (con fertilización y "mulch")	1.0	0.2	3.6	0.4	1.0	23.9	1.4	19.9	1.3	1.4

## INDICE DE GRAFICOS

<u>NUMERO</u>		<u>PAGINA</u>
1	Distribución mensual de temperatura promedio, máximas y mínimas (1961-1978) San Ramón	54
2	Distribución del promedio mensual de lluvias y evapotranspiración en San Ramón (1961-1978)	57
3	Erosión, escorrentía y rendimiento producidos durante el cultivo de maíz. Período 28-09-78/02-02-79 (San Ramón-Chanchamayo)	75
4	Erosión, escorrentía y rendimiento producidos durante el cultivo de frijol. Período 03-02-79/24-04-79 (San Ramón-Chanchamayo)	80
5	Erosión, escorrentía y rendimiento producidos durante el cultivo de papa. Período 05-05-79/04-09-79 (San Ramón-Chanchamayo)	86
6	Erosión, escorrentía y rendimiento producidos durante el cultivo de maní. Período 05-09-79/29-12-79 (San Ramón-Chanchamayo)	91
7	Erosión, escorrentía y rendimiento producidos durante el cultivo de yuca. Período 30-10-79/30-12-79 (San Ramón-Chanchamayo)	96
8	Erosión y escorrentía correspondiente a la rotación: maíz-frijol-papa 1978/1979	101
9	Erosión y escorrentía correspondiente a la rotación: maní-yuca 1979/1980	107
10	Distribución cronológica de los tratamientos, rendimientos (Tn/ha) por cultivo y la precipitación mensual durante el experimento	118

vos que respondieron positivamente a la fertilización (maíz) y otros negativamente (frijol, maní y yuca).

La respuesta obtenida por el cultivo de maíz a la fertilización es debida a la mayor capacidad extractiva del cultivo y a su mayor requerimiento de nutrientes por haberse sembrado variedades mejoradas. Con los cultivos de frijol y maní la respuesta negativa a la fertilización se explica por el efecto de la fijación simbiótica del nitrógeno por la gran adaptación obtenida por las variedades locales sembradas durante el experimento. En cuanto a la yuca se explica por sus bajos requerimientos y por su adaptación en la zona.

Al obtenerse respuesta positiva en el caso del maíz, el cultivo presentó un mayor desarrollo y por lo tanto su efecto de cobertura del suelo fue superior al del mismo cultivo sin fertilizar.

#### 4.2 EN CULTIVOS INTERCALADOS Y ASOCIADOS

El Cuadro 24 presenta los valores de escorrentía, erosión, rendimiento y el período en que el cultivo

CUADRO 24. VALORES DE EROSIÓN ESCORRENTIA Y RENDIMIENTO EN ROTACIONES DE CULTIVOS INTERCALADOS Y ASOCIADOS

Tratamiento	1978			1979			1980																				
	Mes	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	D	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O
V Cultivos	Maíz Papa	Frijol			Yuca			Maíz Papa	Barbecho																		
Erosión ton/ha	16.3	7.6			20.0			7.2	0.06																		
Escorrentía m <sup>3</sup> /ha	460.2	1132.7			732.6			382.1	19.6																		
Rendimiento ton/ha	5.1+6.2	1.5			19.9			2.1+6.0	-----																		
Precipitación mm	624.1	715.0			1043.9			615.4	122.4																		
VI Cultivos	Frijol	Yuca			B*	Maíz Papa			Frijol	Yuca																	
Erosión ton/ha	6.7	4.0			3.7	34.9			18.7	1.2																	
Escorrentía m <sup>3</sup> /ha	368.3	1021.9			85.7	603.4			472.9	203.7																	
Rendimiento ton/ha	0.8	38.5			-----	5.4+7.1			1.0	14.1																	
Precipitación mm	303.9	1227.3			105.4	720.9			455.4	307.9																	

\* Barbecho.

se desarrolló dentro de la rotación, tanto para los cultivos intercalados, como para los cultivos asociados.

La protección del suelo mediante la disposición espacial de cultivos es otra práctica de manejo de cultivos que se podría evaluar con fines de conservación de suelos.

Esta práctica consistió en disponer cultivos, en asociaciones o intercalados, en diferentes épocas de manera que la cobertura vegetal presente diferentes grados de resistencia a la acción erosiva de las lluvias, de forma tal que los resultados parciales de pérdida de suelo y agua en algunos casos con valores erosivos, en el conjunto de la rotación permitan obtener un valor final con características conservacionistas.

#### 4.2.1 Cultivo Intercalado Maíz-Papa

Esta medida de cultivo se condujo en tres épocas diferentes durante todo el período experimental (ver Cuadro 9 de Materiales y Métodos). En este sistema se intercalaron surcos con maíz y surcos con papa, los resultados de escorrentía, erosión y rendimiento se indican en los Cuadros 25 y 24.

1. Valores de escorrentía y erosión

El Cuadro 25 muestra los valores de pérdida de suelo y agua en las diferentes épocas de cultivo de los cultivos intercalados. Se aprecia una relación directa entre la precipitación con la erosión y pérdida de agua, así la mayor erosión 36.8 ton estuvo asociada a la mayor precipitación 720.9 mm correspondiente al período comprendido entre setiembre de 1979 a diciembre de 1979.

A menor precipitación (615.4 mm) la erosión y la escorrentía fueron menores con 7.2 ton/ha y 6.2% de la lluvia total respectivamente.

2. Valores de pérdida de nutrientes

En el Cuadro 26 se observa el total de nutrientes perdidos en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado. Las mayores pérdidas de nutrientes en el suelo erosionado están asociados a la mayor erosión producida durante el período de setiembre 1979 a diciembre 1979. Las pérdidas de nutrientes en el agua de escorrentía son mayores en el período de setiembre de 1978 a febrero de 1979, valores que se asocian a la mayor concen-

CUADRO 25. VALORES DE ESCORRENTIA, EROSION Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO INTERCALADO MAIZ-PAPA EN DIFERENTES EPOCAS DE CULTIVO

Período de Cultivo	Precipitación mm	Escorrentía		Erosión ton/ha	Rendimiento ton/ha	
		mm	% de lluvia total		Maíz	Papa
Setiembre a Febrero 28-09-78 al 02-02-79	624.1	46.0	7.4	16.3	5.1	6.2
Setiembre a Diciembre 05-09-79 al 29-12-79	720.9	60.3	8.4	36.8	5.4	7.1
Enero a Mayo 19-01-80 al 16-05-80	615.4	38.2	6.2	7.2	2.1	6.0

CUADRO 26. VALORES DE PERDIDA DE NUTRIENTES EN EL AGUA DE ESCORRENTIA Y EN EL SUELO EROSIONADO DURANTE EL PERIODO DEL CULTIVO INTERCALADO MAIZ-PAPA

Período de Cultivo	Nutrientes en kg/ha									
	Escorrentía					Suelo Erosionado				
	N-NO <sub>3</sub>	P	Ca	Mg	K	N Total	P	Ca	Mg	K
Setiembre a Febrero 28-09-78 al 02-02-79	1.9	0.3	2.0	0.8	9.9	15.0	0.8	15.8	1.2	1.0
Setiembre a Diciembre 05-09-79 al 29-12-79	1.5	0.2	3.2	0.2	1.3	50.0	3.6	59.1	2.6	3.9
Enero a Mayo 19-01-80 al 16-05-80	1.0	0.2	2.2	0.3	0.5	10.8	0.5	8.0	0.5	0.5

tracción de nutrientes en el agua, debido a que fue el primer cultivo de la campaña.

Los nutrientes que sufrieron mayor pérdida fueron el Nitrógeno y el Calcio, tanto para el agua de escorrentía, como para el suelo erosionado, por ser estos elementos de mayor solubilidad y movimiento en el suelo.

### 3. Valores de rendimiento

El Cuadro 25 presenta los rendimientos de maíz-papa intercalados, los valores más bajos corresponden al período de enero a mayo de 1980, el maíz produjo 2.1 ton/ha y la papa 6.0 ton/ha. En la primera siembra se produjo 5.1 ton/ha de maíz grano, valor ligeramente inferior a su producción, cuando el maíz es cultivado sólo en forma normal. (Trat. III y IV del Cuadro 10), pero superior al rendimiento del cultivo sin fertilización.

La producción de papa resultó ser semejante en los tres diferentes períodos de cultivo, de donde se infiere que el cultivo de papa, para las condiciones de trópico necesita de otro cultivo que la proteja de



FOTO 4. VISTA DE UNA PARCELA DE ESCORRENTIA CON EL CULTIVO INTERCALADO, MAIZ-PAPA.



FOTO 5. VISTA DE UNA PARCELA DE ESCORRENTIA CON EL CULTIVO ASOCIADO FRIJOL-YUCA.

la fuerte radiación solar. En el Cuadro 25 se observa que la precipitación fue semejante y mayor de los 600 milímetros, lo que permitió una mayor producción de tubérculo en comparación al cultivo normal de papa, conducido entre mayo y setiembre de 1979, con solo aproximadamente 300 mm. (Trat. II, III y IV) del Cuadro 14.

#### 4.2.2 Cultivo Asociado Frijol-Yuca

En este sistema de cultivo se condujo en el mismo surco la yuca y el frijol, durante tres épocas diferentes en el período experimental (Ver Cuadro 9 de Materiales y Métodos). La cosecha de frijol fue a los tres meses aproximadamente y de la yuca a los 10 meses. Los resultados de escorrentía, erosión y rendimiento se indican en los Cuadros 24 y 27.

##### 1. Valores de escorrentía y erosión

El Cuadro 27 muestra los valores de pérdida de suelo y agua en las diferentes épocas de conducción de los cultivos asociados. El valor más bajo de pérdida de suelo 10.6 ton/ha correspondió al período de setiembre de 1978 a julio de 1979. Debido a que el suelo presentó buena estructura luego de realizado el rozo del campo experimental.

CUADRO 27. VALORES DE ESCORRENTIA, EROSION Y RENDIMIENTO DE CULTIVOS ASOCIADOS FRIJOL-YUCA EN DIFERENTES EPOCAS DE CULTIVO

Período de Cultivo	Precipitación mm	Escorrentía		Erosión ton/ha	Rendimiento ton/ha	
		mm	% de lluvia total		Frijol	Yuca
Setiembre a Julio 29-09-79 al 24-07-79	1,531.2	139.0	9.1	10.6	0.8	38.5
Febrero a Enero 03-02-79 al 18-01-80	1,758.9	186.5	10.6	27.6	1.5	19.9
Diciembre a Octubre 30-12-79 al 01-10-80	763.3	67.6	8.9	20.6	1.0	14.1

CUADRO 28. VALORES DE PERDIDA DE NUTRIENTES EN EL AGUA DE ESCORRENTIA Y EN EL SUELO EROSIONADO DURANTE EL PERIODO DEL CULTIVO ASOCIADO-FRIJOL-YUCA

Período de Cultivo	Nutrientes en kg/ha									
	Escorrentía					Suelo Erosionado				
	N-NO <sub>3</sub>	P	Ca	Mg	K	N Total	P	Ca	Mg	K
Setiembre a Julio 29-09-79 al 24-07-79	10.8	0.9	17.9	4.2	20.0	18.2	1.0	23.6	1.1	1.9
Febrero a Enero 03-02-79 al 18-01-80	4.4	1.0	9.8	1.2	3.2	38.1	1.9	28.3	2.0	2.0
Diciembre a Octubre 30-12-79 al 01-10-80	1.7	0.2	3.6	0.3	1.4	27.9	2.0	32.9	1.4	2.1

En los otros períodos se tuvieron pérdidas de 27.6 y 20.6 ton/ha porque se sembró luego de la cosecha de maíz+papa, que presentó al suelo con mayor susceptibilidad a la erosión, de donde se sugiere no emplear esta secuencia, sino combinar los cultivos de yuca con otra práctica conservacionista como el mulch.

## 2. Valores de pérdida de nutrientes

El Cuadro 28 presenta el total de nutrientes perdidos en el agua de escorrentía y el suelo erosionado.

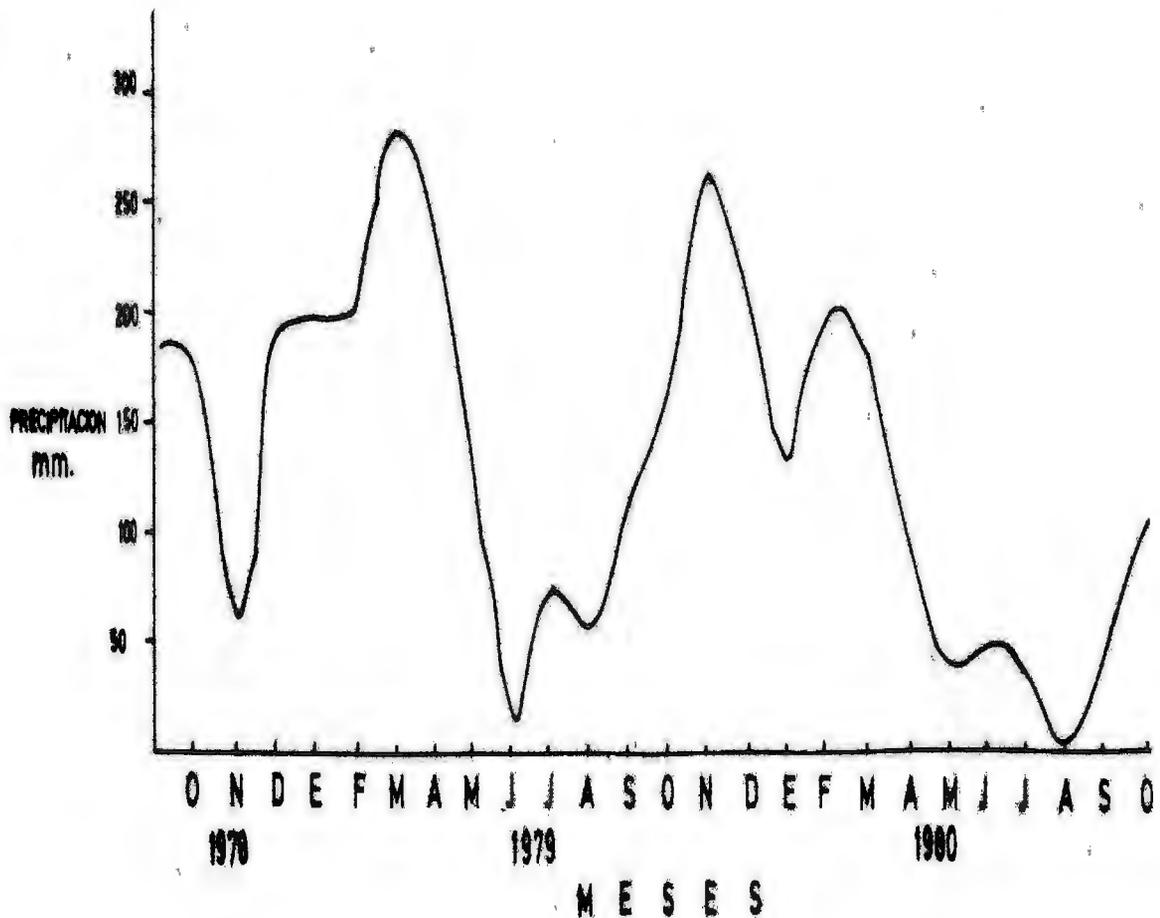
Las mayores pérdidas correspondieron al segundo y tercer período debido a la mayor pérdida de suelo erosionado para cada época de cultivo.

En el agua de escorrentía las mayores pérdidas correspondieron al primer período por la mayor concentración de nutrientes luego del rozo del campo.

Los nutrientes que se removieron en mayor cantidad fueron el Nitrógeno y el Calcio, tanto en el suelo erosionado como en el agua de escorrentía.

# DISTRIBUCION CRONOLOGICA DE LOS TRATAMIENTOS, RENDIMIENTOS (Tn/ha) POR CULTIVO Y LA PRECIPITACION MENSUAL DURANTE EL EXPERIMENTO

TRATAMIENTO						
II	MAIZ 3.2	FRIJOL 1.3	PAPA 0.3	MANI 4.2	YUCA 14.7	SIN FERTILIZACION
III	MAIZ 5.7	FRIJOL 1.2	PAPA 2.2	MANI 3.7	YUCA 15.3	CON FERTILIZACION
IV	MAIZ 6.2	FRIJOL 1.6	PAPA 2.9	MANI 4.0	YUCA 20.0	CON FERTILIZACION y "mulch"
V	MAIZ + PAPA 5.1    6.2	FRIJOL + YUCA 1.5    19.9		MAIZ + PAPA 2.1    6.0	Barbecho	CON FERTILIZACION
VI	FRIJOL + YUCA 0.0    38.5		Barbecho	MAIZ + PAPA 5.4    7.1	FRIJOL + YUCA 1.0    14.1	CON FERTILIZACION



### 3. Valores de rendimiento

Los rendimientos de frijol en la asociación fueron buenos durante toda la rotación, el valor más bajo correspondió a la cosecha del frijol en el segundo período fue semejante a la de los tratamientos II, III y IV con frijol solo, sembrado y cosechado en la misma época.

El menor rendimiento de frijol en el tercer período es atribuible al carácter varietal (cultivar "panamito").

La yuca presentó su mayor rendimiento en la cosecha del primer período (Cuadro 27), por haber sido el primer cultivo dentro de la rotación y la mejor época para su siembra. La producción de yuca en el segundo período se considera aceptable con 20 ton/ha el tercer período presenta valores semejantes a los tratamientos II y III, pero inferior al protegido con "mulch", (trat.IV) sembrado y cosechado en la misma época.

Cuadro 18.

### 4.3 ANALISIS ECONOMICO

Los costos de producción y la rentabilidad de los mismos son expresados en las cédulas por cultivo que se detallan en los Cuadros 15 al 18 del Anexo.

En cada cédula se han realizado los cálculos de costos y rentabilidad de acuerdo a la práctica aplicada por cultivo, los precios de insumos (fertilizantes, insecticidas, fungicidas, etc.) en base a promedios de los costos vigentes en San Ramón y la Merced en diciembre de 1980.

La mano de obra que se ha considerado en los costos de producción es la familiar, por lo cual no se le asigna un costo monetario. Por ello todos los cálculos de mano de obra han sido referidos a una jornada de 8 horas hombre-día (h.d.).

El costo de transporte de insumos y del producto cosechado, del centro de servicio y hacia el centro de acopio, respectivamente, ha sido estimado en S/.3.00 por kilo.

La financiación fue calculada con la tasa de interés anual al rebatir del Banco Agrario, a diciembre de 1980, para cultivos alimenticios: 22%.

La rentabilidad de los cultivos expresada en soles por hectárea (Cuadro 29) es positiva en todos los cultivos analizados. Asimismo, la rentabilidad expresada en soles por día de trabajo empleado en el cultivo es mucho mayor a la que obtendría la persona si trabajase por jornal en otras parcelas perci-

CUADRO 29. VARIACION DE LOS COSTOS DE PRODUCCION, RENDIMIENTO, VALOR BRUTO DE LA PRODUCCION, RENTA NETA Y EROSION DE CADA CULTIVO DURANTE LA ROTACION Y LA PRACTICA APLICADA

	Costo h.d. <sup>1</sup>	Costo Total del Cultivo S/.	Rendimien to,kg	V.B.P. S/.	Renta Neta hd/c S/.	Renta Neta ha/c S/.	Erosión ton/ha
<u>Maíz</u>							
Sin fertilizante	24	64,826	3,200	208,000	5,965	143,174	14.5
Con fertilizante	32	137,287	5,700	370,500	7,288	233,213	12.4
Con fertilizante y mulch	34	140,950	6,200	403,000	7,707	262,050	0.3
<u>Frijol</u>							
Sin fertilizante	53	41,133	1,300	156,000	2,167	114,867	5.8
Con fertilizante	54	60,593	1,200	144,000	1,544	83,407	6.1
Con fertilizante y mulch	59	63,231	1,600	192,000	2,182	128,769	1.0
<u>Maní</u>							
Sin fertilizante	81	27,468	3,360	338,000	3,809	308,532	33.9
Con fertilizante	86	46,186	2,960	296,000	2,904	249,814	41.6
Con fertilizante y mulch	87	47,676	3,300	320,000	3,130	272,324	10.4
<u>Yuca</u>							
Sin fertilizante	104	72,789	14,700	294,000	2,127	221,211	21.95
Con fertilizante	112	130,559	15,300	306,000	1,566	175,441	28.84
Con fertilizante y mulch	118	153,373	20,800	416,000	2,226	262,627	1.68

<sup>1</sup> h.d. = hombre-día

Costos con precios a diciembre de 1980.

Cambio del dólar americano a diciembre de 1980= S/.340.00.

biendo el salario de S/.700.00 por día vigente en noviembre de 1980.

Del Cuadro 29 se observa que el cultivo de maíz es el que presenta la más alta rentabilidad hombre-día, y el cultivo de maní la más alta rentabilidad neta por hectárea, debido principalmente a los bajos costos de producción, altos rendimientos y los buenos precios de producto cosechado en el caso del maní.

En cuanto a la práctica empleada, la utilización del "mulch" es la que presenta las más altas rentabilidades por cultivos.

Sólo el cultivo de maíz responde económicamente a la fertilización, en los otros cultivos la rentabilidad es menor en relación a los cultivos sin fertilizar. Cabe señalar que la rentabilidad para todos los cultivos se incrementa con el uso del "mulch".

En el mismo cuadro se observa que la mayor pérdida de suelo se asocia con la menor rentabilidad de los cultivos con la excepción del maíz, debido principalmente a su buena respuesta a la fertilización. Asimismo la mayor rentabilidad por los cultivos se obtiene con el empleo de la técnica del "Mulch", tratamiento que como ya se indicó, produce la menor pérdida de suelo.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones que se enuncian a continuación corresponden a la campaña agrícola 1978-79 y 1979-80.

Por la naturaleza de la investigación en la que el clima es un factor de primer orden, se requiere la repetición de estos experimentos por un mayor número de años, para la obtención de conclusiones definitivas. Sin embargo, en el presente estudio se ha logrado determinar las tendencias que muestran cada uno de los sistemas de cultivos empleados en las diferentes rotaciones.

Las conclusiones obtenidas son las siguientes:

1. En la zona de influencia del estudio, por la alta pluviosidad que la caracteriza, los suelos están expuestos a una alta erosión potencial.
2. Durante la campaña agrícola 1978-79 (rotación maíz-frijol-papa), las pérdidas de suelo fluctuaron de 3.8 a 45.3 ton/ha/año correspondientes al tratamiento IV con "mulch" y fertilización y al tratamiento I con suelo desnudo respectivamente.
3. En la campaña agrícola 1979-1980 (rotación maní-yuca), las pérdidas de suelo fluctuaron de 12.1 a 70.4 ton/ha/año correspondientes al tratamiento IV con fertilización y "mulch" y al tratamiento III con fertilización, respectivamente.

4. La labranza continua de una chacra, con surcos en el sentido de la máxima pendiente ocasiona altas pérdidas de suelo, 33 ton/ha/año en la campaña 1978-79 y entre 55 y 70 ton/ha/año en la campaña siguiente.
5. La aplicación de rastros de los cultivos como "mulch" es una práctica muy favorable para la conservación del suelo.

La erosión fue disminuida en 9 veces en la campaña 1978-79 y en 6 veces en la campaña 1979-80, respecto de la misma rotación de cultivos sin el empleo de esta medida cultural.

6. El cultivo de maní produjo los valores más altos de pérdida de suelo (41.6 ton/ha), dentro de la rotación, ratificando su condición de cultivo erosivo.
7. En los tratamientos con cultivos asociados e intercalados, el cultivo intercalado maíz-papa tuvo la mayor pérdida de suelo cuando se le cultivó entre setiembre y diciembre de 1979. Y el cultivo asociado frijol-yuca presentó la mayor pérdida de suelo cuando se le cultivó entre febrero de 1979 y enero de 1980.
8. La pérdida de nutrientes en el agua de escorrentía y en el suelo erosionado tienen relación directa con la cantidad del agua de escorrentía y erosión del suelo,

y con la concentración de los nutrientes en el agua y en el suelo respectivamente.

9. Los nutrientes que se perdieron en mayor cantidad en el suelo erosionado y en el agua de escorrentía fueron el nitrógeno y el calcio. Durante la campaña 1978-79, la pérdida de nitrógeno en el suelo erosionado osciló entre 5.8 y 51.9 kg/ha para el tratamiento menos erosivo (empleo de "mulch") y el más erosivo (suelo desnudo) respectivamente. La pérdida de calcio varió de 4.8 a 43.7 kg/ha para los mismos tratamientos.

En la campaña 1979-80, las pérdidas de nitrógeno en el suelo erosionado varió de 74.4 a 23.9 kg/ha y las de calcio entre 75.0 y 19.9 kg/ha para el tratamiento con fertilización y para el tratamiento con fertilización y "mulch" respectivamente.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. AARSTAD, J.S. and MILLER D.E. 1981. Effects of small amounts of residue on furrow erosion. Soil Sci. Soc.Am. J.45: 116-118.
2. ADAMS, J.E. 1966. Influence of mulches on runoff, erosion and soil moisture. Soil Sci. Soc.Am. Proc. 30:110-114.
3. AHMAD, N. and BRECKNER E. 1974. Soil erosion on three Tobago Soils.Trop.Agric. (Trin.) 51: 313-324.
4. AINA, P.O.; LAL, R. and TAYLOR, G.S. 1976. Soil and crop management in relation to soil erosion in the rainforest region of Western Nigeria. Proceedings of the National Soil Erosion Conference 25-26 May. 1976. Lafayette, Indiana.
5. AL-DURRAH, M.M. and BRADFORD J.M. 1982. The mechanism of raindrop splash on soil surfaces. Soil Sci. Soc.Am.J. 46: 1086-1090.
6. ALEGRE J.C. 1979. Medida de la Erosión Hídrica de un Entisol de la Selva Alta (San Ramón-Chenchamayo) Bajo Diferentes Sistemas de Cultivo. Tesis M.S. U.N.A. Lima-Perú. 106 pp.
7. ALVARO R.G. 1958. Sistemas de conservación de suelos en plantaciones de café al sol. Cenicafé 11-12: 277-290.
8. BARNETT, A.P. CARREKER, J.R. and ABRUÑA, F. 1972. Soil and nutrient losses in rus-off with selected cropping treatments in tropical soil.Agr.J. 64: 391-395.

9. BERTONI, J. 1959. O plantio e o preparo do solo em contorno e os perdas por eroseo. Instituto Agronómico de Campinas. Sección de Conservación de Suelos. Sao Paulo, Brasil. Boletín de Difusión.
10. \_\_\_\_\_ . 1960. Conservacao do solo em pastozem. Instituto Agronómico de Campinas. Sección de Conservación de Suelos. Sao Paulo, Brasil.
11. \_\_\_\_\_ , LOMBARDI, F. y BENATTI, R. 1972. Concluseos gerais dos pesquisas sobre conservacao de solo no Instituto Agronómico. Circular N<sup>o</sup>20 de la Divivisao de Solos. Instituto Agronómico do Estado de Sao Paulo, Brasil. 32 pp.
12. BOND J.J., and WILIS, W.D. 1969. Soil water evaporation surface residues, rates and placement effects. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 33: 445-448.
13. BOWEN, J.E. y KRATKY, B.A. 1983. Control de la erosión métodos para evitar la pérdida del valioso suelo. Agricultura de las Américas. Agosto.
14. BROWNING, G.M.; NORTON, R.A.; McCALL, A.G. and BELL, F.G. 1948. Investigations in erosion control and the reclamation of eroded land. Missouri Valley Loess Conservation Expt.Sta.Clarinda, Iowa. 1931-1942. Washington, D.C. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin N<sup>o</sup>959.
15. BOX, J.E. Jr. 1981. The effects of surface slaty fragments on soil erosion by water. Soil Sci.Soc. Am.J. 45:111-116.

16. BRYANT, J.C. and C.S. SLATER. 1948. Runoff water as an agent in the loss of soluble materials from certain soils. Iowa St.Coll.J.Sci.22:269-297.
17. DANIEL, H.A. y LANGHAM, W.H. 1936. The effect of wind erosion and cultivation on the total nitrogen and organic matter content of soil in the southern high plains. Journal of the American Society of Agronomy 28: 587-596.
18. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. 1970. Diccionario de Lengua Española. Madrid.1970. Decimonovena Edición.Ed. Espasa-CALPE S.A.
19. DOUROJEANNIE, A. y PAULET, M.1967. La ecuación universal de pérdida de suelos, su aplicación al planeamiento del uso de las tierras agrícolas.Ed. U.N.A. Publicación N°2. Lima-Perú. 77 pp.
20. DULEY, F.L. 1926. The loss of soluble salts in runoff water. Soil Sci. 21: 401-409.
21. ELLISON, W.D. 1974. Soil erosion studies. Parts I,II, III. Agric.Eng. 28:145-146, 197-201, 245-248.
22. ENGLEBRECHT, D.S. and MORGAN, J.S. 1962. Land drainage as a source of phosphorus in Illinois,surface water. P.74-79.Sec.Tr.W. 61.3 U.S. Public Health Service Washington, D.C.
23. ESTRADA,J.; ZAPATA, F.; BAZAN, R. 1972. Manual de análisis de suelos y plantas. Ed. U.N.A. Lima-Perú.
24. F.A.O. 1965. Measurements of soil and water erosion. FAO Agricultural Development. Paper N°81.Rome.

25. FELIPE-MORALES, B.C. 1976-77. Research report effect of different cropping systems on the loss of soil, water and nutrients. Huancayo-Perú.1976-77.
26. FIPPIN, E.O. 1945. Plant nutrient losses in silt and water in the Tennessee river system. Soil Sci. 60: 223-239.
27. FOURNIER, F. 1954. La parcelle experimentales methode d'etude experimentale de la conservation du sol de l'erosion du ruiseellement. Public. O.R.S.T.C.M. N°1623. Paris. France. 79 pp.
28. \_\_\_\_\_ 1975. Conservación de suelos. Ed. Mundi-Prensa. Madrid-España. 254 pp.
29. FRYE, W.W.; EBELHAR, S.A.; MURDOCK, L.W. and BLEVINS R.L. 1982. Soil erosion effects on properties and productivity of two Kentucky soils. Soil Sci. Soc.Am.J.46: 1051-1055.
30. GOMEZ, A.A. 1975. Manual de conservación de suelos de ladera Cenicafé Chinchiná, Caldas-Colombia. 1975. 267 pp.
31. GREB, B.W.; SMIKA D.E. and BLACK A.L. 1970. Water conservation with stubble mulch fallow. J. Soil and water conserv. 3:58-62.
32. GREER, J.D. 1971. Effects of excesive-rate rainstorms on erosion. J. Soil and water conserv.5: 196-197.

33. GUTIERREZ C.H. 1955. Lo fundamental en conservación de suelos. *Agricultura Tropical* 3: 231-238.
34. GUMBS F.A. and LINDSAY J.I. 1982. Runoff and soil loss in Trinidad under different crops and soil management. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 46:1264-1266.
35. HANKS R.J. and WOODRUFF N.P. 1958. Influence of wind in water vapor transfer through soil, gravel, and Strawmulches. *Soil Sci.*86: 160-164.
36. HUDSON N.W. and JACKSON, D.C. 1959. Results obtained in the measurement of erosion and runoff in Southern Rhodesia. *Third Inter African Soil Conference Doloba Proceeding 2*, 575-584.
37. \_\_\_\_\_. 1971. *Soil conservation*, Bostford. London.
38. JACKSON, M.L. 1970. *Análisis químico del suelo*. Ed. Omega S.A. Barcelona, 662 pp.
39. HUNDAL, S.S. and DE DATTA S.K. 1982. Effects of dry-season soil management on water conservation for the succeeding rice crop in a tropical soil. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 46: 1081-1086.
40. KUWAL, J.1972. The hydrology of a small catchment basin of Somoru Nigeria. IV Assesment of soil erosion under varied land management and vegetation cover. *Niger Agric.J.*7: 134-147.
41. LAFLEN J.M. and MOLDENHAUER W.C. 1971. Soil conservation on agricultural land. *J. Soil and Water Conser.* 6:225-229.

42. LAL, R. 1973. Soil temperature, soil moisture, and maize yield from mulched, and unmulched tropical soil. Plant Soil 40: 129-143.
43. \_\_\_\_\_ 1975. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. P.38 IITA Tech. Bull. N°1 Ibadan-Nigeria.
44. \_\_\_\_\_. 1976. Soil erosion problems on an Alfisol in Western Nigeria and their control. P.308. IITA. Monograph N°1 Ibadan-Nigeria.
45. \_\_\_\_\_, DE VLEESCHAUWER D. and NGANJE. 1980. Changes in properties of a newly cleared tropical Alfisol as affected by mulching. Soil Sci.Soc. Am.J. 44: 827-833.
46. LAMB, J. Jr. ANDREWS, J.S. and GUSTOFSON A.F. 1944. Experiments in the control of soil erosion in southern New York. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. Bull 811.
47. LAWA, J.O. and PARSON, D.A. 1944. The relation of raindrop size to intensity. Trans. Am. Gesophys Union 24: 252.
48. LINDSTROM, M.J.; VOORHEES, W.B. and RANDALL G.W. 1981. Long-term tillage effects on interrow runoff and infiltration. Soil Sci.Soc.Am.J.45: 945-948.
49. LOMBARDI, F.; BERTONI, J. and BENATTI, R. 1966. Práticas conservacionistas em cafezal e as perdas por erosao em solos Podzalizados. Anales del XV Congreso Brasileño de Ciencias del Suelo. Pp. 559-562.

50. LOMBARDI, F.; BERTONI, J. and BENATTI, R. 1968. Manejo do solo e dos restos culturais do milho e perdas por erosao. Anales de XV Congreso Brasileño de Ciencias del Suelo. Pp. 537-540.
51. LYLES, L.L.; DISRUE, A. and WOODDRUFF, N.P. 1969. Effect of soil physical properties rainfall characteristics and wind velocity on clod desintegration by simulated rainfall. Soil Sci. Soc.Am. Proc. 33:302-306.
52. MANNERING, J.V. and MEYER L.D. 1963. Effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. Soil Sci.Soc.Am.Proc. 27: 84-86.
53. MARTIN, W.P. 1970. Soil as an animal waste disposal medium. J. Soil and Water Conserv. 2: 43-45.
54. MASSEY, H.F.; JACKSON, M.L. and HAYS, V.E. 1953. Fertility erosion on two Winsconsin Soils. Agron. J. 45: 543-547.
55. MATTYASOVSKU, J. and DUCK, T. 1954. The effect of erosion on the nutrient status of soils. Agrakem Tabajt. 3: 163-172.
56. MITCHELL, K. 1983. Mecanismos de la erosión del suelo. Agric. de las Américas. Feb.
57. MIDMORE, D.J. 1983. Coberturas protectoras del suelo para papa en clima cálido. Circular C.I.P.Vol. 11 N°1.
58. MILLER, D.E. and RASMUSSEN, W.W. 1978. Measurement of furrow infiltration rates made easy. Soil Sci.Soc.Am.J. 42: 838-839.

59. MOE, P.G.; MANNERING, J.V. and JOHNSON, C.B. 1967.  
Loss of fertilizer N in surface runoff water.  
Soil Sci. 104: 389-394.
60. MUNN, D. 1973. Effect of soil cover and runoff factors on soil and phosphorus movement under simulated rainfall conditions. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37: 428-431.
61. NEAL, J.H. 1938. The effect of the degree of slope and rainfall characteristics on run-off and soil erosion. Columbia. Missouri Agricultural Experiment Station. Research Bulletin N°280  
47 p.
62. ROBINSON, G.W. 1960. Los Suelos Ed. OMEGA. Barcelona-España 515 pp.
63. ROQUERO, DE L.C. 1964. El medio natural como factor limitativo y condicionante de la agricultura española. Bol.Estud.Econom. Ene-Abril.
64. ROSE, C.W. 1960. Soil detachment caused by rainfall. Soil. Sci. 89: 28-35 Bilbao-España.
65. \_\_\_\_\_, WILLIAMS, J.R.; SANDER, G.C. and BARRY, D.A. 1983. A mathematical model of soil erosion and deposition processes: I Theory for a plane land element. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 991-995.
66. ROOSE, E.; ASSELINE, J. 1978. Medida de los fenómenos de erosión bajo lluvias simuladas. CAHIERS O.R. S.T.O.M. Serie Pedologie. 1978. 43-72.

67. ROOSE, E. 1978. Importancia relativa de la erosión, del drenaje oblicuo y vertical en la pedogénesis actual de un suelo ferralítico de Costa de Marfil. CAHIERS.O.R.S.T.O.M. Serie Pédologie. 1978.
68. RYDEN, J.C.; SYERS, J.K. and HARRIS, R.F. 1973. Phosphorus in runoff and stream. Adv.Agrom.1973: 1-45.
69. SHARPLEY, A.N. and SMITH, S.J. 1983. Distribution of phosphorus forms in virgin and cultivated soils and potential erosion losses. Soil Sci.Soc.Am. J. 47: 581-585.
70. SMIKA, D.E. 1983. Soil water change as related to position of wheat straw mulch on the soil surface. Soil Sci.Soc.Am.J. 47: 988-991.
71. SHUMAN G.E.; TAYLOR, E.M. Jr.; RAUZI, F. and HOWARD, G.S. 1980. Stading stubble versus crimped, straw mulch for establishing grass on mined lands.J. Soil and Water Conserv. 1:25-27.
72. SILVESTRE, P.; GILLIER, P. 1970. El cacahuete. Editorial Blume. Madrid-España 281 pp.
73. SINGER, M.J.; MATSUDA, Y. and BLACKARD, J. 1981. Effect of mulch rate on soil loss by raindrop splash. Soil Sci. Soc.Am.J. 45: 107-110.
74. SUAREZ DE CASTRO, F. 1952. Pérdidas por erosión de elementos nutritivos bajo diferentes cubiertas vegetales. Agricultura Tropical 8: 31-36.

75. SUAREZ DE CASTRO, F. y RODRIGUEZ, G. 1962. Investigaciones sobre la erosión y la conservación de los suelos en Colombia. Federación de Cafetaleros. 473 pp.
76. TAMHANE, R.V.; BISWAS, T.D. and DAS, B. 1959. Effects of intensity of rainfall on Soil loss. J. Indian Soc. Soil Sci. 7:231-238.
77. THOMAS, A.W.; CARTER, R.L. and CARREKER, J.R. 1968. Soil water, and nutrient losses from Tifton loamy sand Trans. Am. Soc. Agr. Engr. 11:677-679, 682.
78. THORNTHWAITTE, C.W. 1954. The determination of potential evapotranspiration. The John Hopkins University Publications in Climatology. Vol. 7 N° 1.
79. TOSSI, J.A. 1976. Guía Explicativa del Mapa Ecológico del Perú. ONERN. Lima-Perú.
80. TRELLES, J.C. 1977. Estudio de algunos factores que afectan la eficiencia de tres fuentes de nitrógeno bajo condiciones de invernadero y de campo en cultivo de papa. Tesis M.S. U.N.A. Lima-Perú. 87 pp.
81. TURK, L. y PARTRIDGE, M. 1947. Effects of various mulching materials on orchard soils. Soil Sc. 64.
82. UNGER, P.W. and JONES, O.R. 1981. Effects of soil water content and a growing season straw mulch on grain sorghum. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:129-134.

83. URIBE, H.A. 1966. Conservación de suelos en plantaciones de café sin sombra. Cenicafé 1: 17-29.
84. VAN DOREN, C.A. and STAUFFER, R.S. 1943. Effect of crop and surface mulches on runoff, soil losses and soil agregation. Soil Sci.Soc.Am.Proc.8: 97-101.
85. VIETS, F.G.Jr. 1971. Fertilizers J. Soiland Water Conserv. 2: 51-53.
86. WISHMEIER, W.H., SMITH, D.D. and UHLAND, R.E. 1958. Evaluation of factors in the soil loss equation Agric. Engineering. 30: 458-462.
87. \_\_\_\_\_ . 1960. A universal soil loss estimating equation to guide conversation form planning.Trans.7th. Internat.Cong. of Soil Sci. 1:418-425.
88. \_\_\_\_\_ . 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geophys Union. 39: 285-291.
89. ZINGG, A. 1940. Degree and length of land slope as its affects soil loss in runoff. Agr. Eng.21: 59.

CUADRO 1. VALORES DE ESCORRENTIA POR PERIODOS CORRESPONDIENTES A ROTACIONES Y ASOCIACIONES DE CULTIVOS  
 LOCALIDAD DE SAN RAMON-CHANCHAMAYO

Tratamientos	Escorrentía/Periodo m <sup>3</sup> /ha								
I	345.6	517.7	815.5	363.6	818.5	557.8	88.5	178.1	14.2
II	179.9	181.8	824.2	139.2	593.1	449.8	128.2	198.1	12.2
III	190.4	202.3	919.1	184.5	690.8	501.6	128.1	231.6	12.3
IV	69.2	53.0	170.7	52.8	238.7	149.9	62.3	56.4	10.6
V	245.6	214.5	1132.7	165.4	563.4	261.6	94.7	39.0	10.1
VI	368.3	302.4	673.5	131.6	603.4	486.7	97.4	77.8	14.6

CUADRO 2. VALOR DE EROSION POR PERIODOS CORRESPONDIENTES A ROTACIONES Y ASOCIACIONES DE CULTIVO  
LOCALIDAD DE SAN RAMON-CHANCHAMAYO

Tratamiento	Erosión/Cultivo (TM/ha)								
I	15.5	7.9	6.5	15.4	45.7	6.4	0.75	0.6	*
II	10.4	4.1	5.8	11.7	33.9	19.9	0.75	1.3	*
III	8.4	4.0	6.1	15.2	41.6	25.5	1.64	1.7	*
IV	0.13	0.175	1.0	2.5	10.4	1.3	0.20	0.18	*
V	12.15	4.1	7.6	2.9	17.1	6.5	0.38	0.4	*
VI	6.7	1.7	2.0	4.0	36.9	20.1	0.23	0.2	*

\* Valores < 5 kg.

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANCIA DE LA EROSION Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN  
Período Total 28-9-78/1-10-80

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c
Tratamientos	5	11166.54	2233.308	6.280*
Error	6	2133.69	355.615	
Total	11	13300.23		

C.V. 18.61%

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos IV V VI II I III

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANCIA DE LA ESCORRENTIA Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN  
Período Total 28-9-78/1-10-80

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c
Tratamientos	5	8960764.00	1792152.80	9.1314**
Error	6	1177568.00	196261.33	
Total	11	10138332.00		

C.V. 11.88

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos IV II V VI III I

CUADRO 5. ANALISIS DE VARIANCA DE LA EROSION Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN(MAIZ)  
Período 28-09-78/2-2-79

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Tratamientos	5	605.79	121.158	4.55*
Error	6	159.53	26.58	
Total	11	765.32		

C.V. 29.04%

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos IV VI III II V I

CUADRO 6. ANALISIS DE VARIANCA DE LA ESCORRENTIA Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN (MAIZ)  
Período 28-09-78/2-2-79

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Tratamientos	5	666761.86	133352.37	27.89**
Error	6	28683.58	4780.59	
Total	11	695445.44		

C.V. 10.21%

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos IV II III V VI I

CUADRO 7. ANALISIS DE VARIANCA DE LA EROSION Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN (FRIJOL)  
Período 3-2-79/24-4-79

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Tratamiento	5	71.39	14.278	2.551 NS
Error	6	33.58	5.596	
Total	11	104.97		

C.V. 34.5%

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos	IV	VI	II	III	I	V
--------------	----	----	----	-----	---	---

CUADRO 8. ANALISIS DE VARIANCA DE LA ESCORRENTIA Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN (FRIJOL)  
Período 3-2-79/24-4-79

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Tratamiento	5	1052156.8	210431.36	2.449 NS
Error	6	515419.2	85903.20	
Total	11	1567576.0		

C.V. 27.4%

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos	IV	VI	I	II	III	V
--------------	----	----	---	----	-----	---

CUADRO 9. ANALISIS DE VARIANCIA DE LA EROSION Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN (MAIZ-FRIJOL-PAPA)  
Período 28-9-78/4-9-79

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Tratamientos	5	2191.04	438.208	2.774 NS
Error	6	947.73	157.955	
Total	11	3138.77		

C.V. 34.19%

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos	IV	VI	V	II	III	I
--------------	----	----	---	----	-----	---

CUADRO 10. ANALISIS DE VARIANCIA DE LA ESCORRENTIA Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN (MAIZ-FRIJOL-PAPA)  
Período 28-9-78/4-9-79

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Tratamientos	5	3345694.5	669238.90	4.2 NS
Error	6	955608.5	159268.08	
Total	11	4301303.0		

C.V. 20.05%

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos	IV	II	VI	III	V	I
--------------	----	----	----	-----	---	---

CUADRO 11. ANALISIS DE VARIANCA DE LA EROSION Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN (MAIZ-FRIJOL-PAPA MANI)  
Período 28-09-78/29-12-79

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Tratamientos	5	7212.03	1442.402	6.466**
Error	6	1338.42	223.07	
Total	11	8550.45		

C.V. 18.55%

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos	IV	V	VI	II	III	I
--------------	----	---	----	----	-----	---

CUADRO 12. ANALISIS DE VARIANCA DE LA ESCORRENTIA Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN (MAIZ-FRIJOL-PAPA-MANI)  
Período 28-09-78/29-12-79

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Tratamientos	5	5792151.0	1158430.20	6.930*
Error	6	1002955.1	167159.18	
Total	11	6795106.1		

C.V. 14.51%

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos	IV	II	VI	III	V	I
--------------	----	----	----	-----	---	---

CUADRO 13. ANALISIS DE VARIANCA DE LA EROSION Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN(YUCA)  
Período 30-12-79/1-10-80

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Tratamientos	5	1291.79	258.358	9.821**
Error	6	157.84	26.306	
Total	11	1449.53		

C.V. 25.58%

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos	IV	V	I	VI	II	III
--------------	----	---	---	----	----	-----

CUADRO 14. ANALISIS DE VARIANCA DE LA ESCORRENTIA Y PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN (YUCA)  
Período 30-12-79/1-10-80

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Tratamientos	5	604944	120988.800	8.033*
Error	6	90358	15059.667	
Total	11	695302		

C.V. 13.48%

PRUEBA DE DUNCAN

Tratamientos	IV	V	VI	II	I	III
--------------	----	---	----	----	---	-----

CUADRO 15. COSTOS DE PRODUCCION ESTIMADOS Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE MAIZ SIN FERTILIZACION, CON FERTILIZACION Y CON FERTILIZACION Y MULCH

Gasto	Unidad	Maíz con Fertilizante		Maíz con Fertilizante		Maíz con Fertilizante y Mulch	
		Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo
Arado y rastra	Hr	6	15,000	6	15,000	6	15,000
<u>Insumos</u>							
Semilla	kg	25	4,500	25	4,500	25	4,500
Fertilizante	kg	--	-----	510	45,315	510	45,315
Mulch	kg	--	-----	--	-----	500	500
Herbicida	kg	4	12,000	4	12,000	4	12,000
Control Sanitario	lt	2	5,500	2	5,500	2	5,500
<u>Mano de Obra</u>							
Siembra	d.h.	3	-----	3	-----	3	-----
Aplic.Fert.	d.h.	-	-----	6	-----	6	-----
Aplic.Mulch	d.h.	-	-----	-	-----	2	-----
Deshierbo	d.h.	8	-----	8	-----	8	-----
Aplic.Pestic.	d.h.	5	-----	5	-----	5	-----
Cosecha	d.h.	8	-----	10	-----	10	-----
Desgrano	kg-S/.	3,200	6,400	5,700	11,400	6,200	12,400
<u>Transporte</u>							
De insumos	kg-S/.	31	93	541	1,623	541	1,623
De cosecha	kg-S/.	3,200	9,600	5,700	17,100	6,200	18,600
Sub-Total	S/.	--	53,093	--	112,438	--	115,438
Imprevistos(10%)	S/.	--	5,309	--	11,244	--	11,544
Financiación(22%)	S/.	--	6,424	--	13,605	--	13,968
Costo total	d.h./S/.	24	64,826	32	137,287	34	140,950
Rend. y VBP	kg-S/.	3,200	208,000	5,700	370,500	6,200	403,000
Rent.Neta/hd/cult	S/.	5,965		7,200		7,707	
Rent.Neta/ha/cult	S/.		143,174		233,213		262,050

CUADRO 16. COSTOS DE PRODUCCION ESTIMADOS Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE FRIJOL SIN FERTILIZACION, CON FERTILIZACION Y CON FERTILIZACION Y MULCH

Gasto	Unidad	Frijol sin Fertilizante		Frijol con Fertilizante		Frijol con Fertilizante y Mulch	
		Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo
Arado y rastra	Hr	6	15,000	6	15,000	6	15,000
<u>Insumos</u>							
Semilla	kg	50	10,000	50	10,000	50	10,000
Trat.Semilla	kg	0.5	2,300	0.5	2,300	0.5	2,300
Fertilizantes	kg	---	-----	210	15,900	210	15,900
Mulch	kg	---	-----	--	-----	1,000	1,000
Control Sanitario	kg	13	2,916	13	2,916	13	2,916
<u>Mano de Obra</u>							
Prep. de Terr.	h.d.	6	-----	6	-----	6	-----
Siembra	h.d.	6	-----	6	-----	6	-----
Aplic.Fert.	h.d.	5	-----	5	-----	5	-----
Aplic.Mulch	h.d.	-	-----	-	-----	3	-----
Deshierbos	h.d.	20	-----	20	-----	20	-----
Aplic.Pest.	h.d.	5	-----	6	-----	6	-----
Cosecha	h.d.	6	-----	6	-----	7	-----
Trilla	h.d.	5	-----	5	-----	6	-----
<u>Transporte</u>							
De insumos	kg	63.5	190.5	273.5	820.5	273.5	820.5
De cosecha	kg	1,300	3,900	1,200	3,600	1,600	4,800
Sub-Total	S/.	-----	34,306	---	50,536	---	52,736
Imprevistos(10%)		-----	3,431	---	5,054	---	5,274
Financiación(18%)	S/.	-----	3,396	---	5,003	---	5,221
Costo total	d.h.S/.	53	41,133	54	60,593	59	63,231
Rend. y VBP	kg-S/.	1,300	156,000	1,200	144,000	1,600	192,000
Renta Neta/hd/cult	S/.	2,167.3		1,544		2,182	
Renta Neta/ha/cult	S/.		114,867		83,407		128,769

CUADRO 17. COSTOS DE PRODUCCION ESTIMADOS Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE MANÍ SIN FERTILIZACION, CON FERTILIZACION Y CON FERTILIZACION Y MULCH

Gasto	Unidad	Maní sin Fertilizante		Maní con Fertilizante		Maní con Fertilizante y Mulch	
		Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo
Arado y rastra	Hr	6	1,500	6	1,500	6	1,500
<u>Insumos</u>							
Semilla	kg	50	6,000	50	6,000	50	6,000
Trat.Semilla	kg	0.5	3,250	0.5	3,250	0.5	3,250
Fertilizantes	kg	----	---	210	19,900	210	15,900
Mulch	kg	----	---	---	---	500	500
Control Sanitario	kg	5	1,500	5	1,500	5	1,500
<u>Mano de Obra</u>							
Prep. de Terreno	h.d.	6	---	6	---	6	---
Siembra (Prep.Sem.)	h.d.	12	---	12	---	12	---
Aplic.Fert.	h.d.	----	---	5	---	5	---
Aplic.Mulch	h.d.	----	---	-	---	1	---
Deshierbo	h.d.	20	---	20	---	20	---
Aplic.Pesticidas	h.d.	6	---	6	---	6	---
Cosecha	h.d.	12	---	12	---	12	---
Trilla	h.d.	20	---	20	---	20	---
<u>Transporte</u>							
De insumos	kg	55.5	166.5	265.5	796.5	265.5	796.5
De cosecha	ton	3.36	10,080	2.96	8,880	3.2	9,600
<u>Sub-total</u>	S/.		22,496		37,826		39,046
Imprevistos(10%)	S/.		2,250		3,783		3,905
Financiación(22%)	S/.		2,722		4,577		4,725
Costo total	S/.		27,468	86	46,186	87	47,676
Rend. y VBP	kg-S/.	3,360	336,000	2,960	296,000	3,200	320,000
Renta Neta/hd/cult	S/.		3,809		2,904		3,130
Renta Neta/ha/cult	S/.		308,532		249,814		272,324

CUADRO 18. COSTOS DE PRODUCCION ESTIMADOS Y RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE YUCA SIN FERTILIZACION, CON FERTILIZACION Y CON FERTILIZACION Y MULCH

Gasto	Unidad	Yuca sin Fertilizante		Yuca con Fertilizante		Yuca con Fertilizante y Mulch	
		Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo
<u>Insumos</u>							
Semilla	kg	210	5,600	210	5,600	210	5,600
Fertilizantes	kg	---	-----	460	39,867	460	39,867
Mulch	kg	---	-----	---	-----	500	500
Insect.	lt	3	3,900	3	3,900	3	3,900
<u>Mano de Obra</u>							
Prep. de Terreno	h.d.	20	-----	20	-----	20	-----
Prep.Semilla y Siem.	h.d.	10	-----	10	-----	10	-----
Aplic.Fert.	h.d.	--	-----	8	-----	8	-----
Aplic.Mulch	h.d.	--	-----	--	-----	1	-----
Deshierbos	h.d.	30	-----	30	-----	30	-----
Aplic.Insect.	h.d.	4	-----	4	-----	4	-----
Cosecha	h.d.	40	-----	40	-----	45	-----
<u>Transporte</u>							
De insumos	kg	213	639	673	2,019	673	2,019
De cosecha	ton	14.7	44,100	15.3	45,900	20.8	62,400
Sub-total	S/.		54,239		97,286		114,286
Imprevistos(10%)	S/.		5,420		9,729		11,429
Financiación(22%)	S/.		(6,563)2		(11,772)2		(13,829)2
Costo total	S/.		72,789		130,559		153,373
Renta Neta/hd/cult	S/.		2,127		1,566		2,226
Rend. y VBP	ton-S/.	14.7	294,000	15.3	306,000	20.8	416,000
Renta Neta/ha/cult	S/.		221,211		175,441		262,627

RAMON, PROVINCIA DE TARMA-JUNIN

Altitud : 800 m.s.n.m. Longitud : 75°18'W  
 Latitud : 11°06'S Temperatura: 1939/70  
 Precipitación: 1939/70 ETP/p 0.67  
 Zona de vida : bosque húmedo-Premontano Tropical (bh-PT)

Promedio de Largo Término en °C o mm	Meses del Año												Año
	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	
1. Biotemperatura	22.9	22.6	22.4	22.4	21.9	21.2	21.1	22.1	22.8	23.2	23.3	23.1	22.42
2. Evapotranspiración po- tencial	115	103	112	108	110	103	106	111	110	116	113	116	1323
3. Precipitación	266	244	252	198	121	63	77	66	144	183	129	225	1968
4. Evapotranspiración real	115	103	112	108	110	103	106	111	110	116	113	116	1323
5. Exceso de precipita- ción	151	141	140	90	11	--	--	--	34	67	16	109	
6. Recarga de humedad del suelo	--	--	--	--	--	--	--	--	34	67	13	--	
7. Agotamiento de humedad del suelo	--	--	--	--	--	40	29	45	--	--	--	--	
8. Humedad almacenada en el suelo: fin de mes	197	197	197	197	197	157	128	83	117	184	197	197	
9. Escorrentía total	151	141	140	90	11	--	--	--	--	--	3	109	645
10a. Deficiencia total de humedad en el suelo: fin de mes	--	--	--	--	--	40	69	114	80	13	--	--	--
10b. A partir del punto de tensión	--	--	--	--	--	--	--	73	39	--	--	--	--
11. Deficiencia de precipi- tación	--	--	--	--	--	40	29	45	--	--	--	--	114