



T. 1174

MEDICION DE PERDIDA DE SUELO POR EROSION HIDRICA

Y AGUA POR ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

Hugo César Antunes Callaba

T E S I S

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

Facultad de Agronomía

Montevideo - Uruguay

Octubre - 1977

CONTENIDO.-

	Página No.
RESUMEN.....	3
AGRADECIMIENTO.....	4
INTRODUCCION.....	5
ANTECEDENTES.....	6
MATERIALES Y METODOS.....	13
Lugar de la experiencia.....	13
Características taxonómicas del suelo...	13
Descripción del perfil tipo.....	13
Clases de aptitud de uso.....	14
Variaciones observadas en cada unidad...	14
Período de la investigación.....	15
Unidades experimentales.....	15
Modelo de la unidad experimental.....	16
Toma de muestras.....	17
Descripción de cada unidad experimental.	17
RESULTADOS.....	20
DISCUSION.....	35
CONCLUSIONES.....	39
REFERENCIAS.....	41

RESUMEN.-

En el período comprendido entre el 10. de Agosto de 1976 hasta el 31 de Julio de 1977, en la Estación Experimental Dr. Alejandro Backhaus de la Facultad de Agronomía, se realizó un ensayo comparativo - entre distintos usos del suelo, evaluando pérdida de suelo por erosión hídrica y agua por escurrimiento superficial.-

El método empleado fue mediante la instalación de parcelas experimentales, de 2 mts. de largo por 0,50 mts. de ancho, con cuatro usos de suelo diferentes.-

Se destacó una mayor pérdida de suelo en barbecho continuo cultivado, disminuyendo en cultivo carpido, luego denso y por último pastura natural.-

Se determinó el índice EI de la ecuación universal de pérdida de suelo, y el factor K de la misma; efectuando el ajuste de pérdida de suelo a una longitud de ladera de 22,1 mts. y a una pendiente del 9%.- Al determinarse el factor K en forma experimental y mediante la fórmula de Wischmeier y Mannering, se obtuvieron valores similares, en el primer caso igual a 0,47 y en el segundo igual a 0,48, para la parcela que más se adecuaba a las condiciones de la definición de este factor.-

Se encontró una alta correlación, entre pérdida de suelo y escurrimiento para el total de las parcelas, y también separadamente para dos unidades experimentales, entre pérdida de suelo, índice EI, escurrimiento y precipitación.-

El análisis mecánico realizado destacó mayor pérdida de elementos finos, en las unidades en barbecho continuo cultivado.-

En el análisis de materia orgánica al iniciar y al finalizar el ensayo, se encontró contenidos menores al final para siete de un total de ocho parcelas.-

AGRADECIMIENTO.-

Al Ing. Agr. Raúl Russo, por la dirección del presente trabajo en sus lineamientos generales.- Al Ing. Agr. Michel Koolhaas, por su colaboración en el estudio y análisis estadístico y pluviográfico.- A los Ings. Agrs. Omar Casanova y Antonio Mallarino y Srta. Leticia Martínez, por su colaboración en la realización de los análisis efectuados en el Laboratorio de Suelos.- Al Ing. Agr. Eloy Pino, por su colaboración en la instalación de las parcelas experimentales.- A la Cátedra de Climatología, por la provisión de los datos de lluvia.- A los funcionarios de la Facultad, que cooperaron en la instalación de las parcelas, carpinteros y rurales.-

INTRODUCCION.-

El continuo laboreo de los suelos agrícolas, las lluvias, y el sobrepastoreo en algunos casos, han sido los factores determinantes de la causa de la pérdida de suelo.-

La erosión por lluvia provoca el desplazamiento de el exceso de escurrimiento, esto es, del agua que no penetra ó no puede penetrar en el suelo, provocando la remoción del mismo y favoreciendo en consecuencia su desplazamiento, cuyas etapas finales representan la colmatación de presas, cauces hidrográficos y como destino final, el mar.-

La erosión en efecto, es la pérdida de suelo.- La búsqueda de una metodología que impida ó atenúe el proceso, tiene como bases, la educación del agricultor, los Servicios de Extensión, y en el campo de la investigación científica, torna necesaria estudiar la cuantificación de la pérdida de este recurso natural, y la evaluación de los factores que inciden en este fenómeno.-

De las 18,7 millones de Hás.(9)^o con que se cuenta en nuestro país, las tierras aptas para la producción agropecuaria, constituyen 16,5 millones de Hás., esta situación ubica al Uruguay con el 87,6% de tierras productivas, en una destacada situación de privilegio, frente al resto del mundo.-

Mantener este recurso es una imperiosa necesidad, pues de él depende su agricultura, su ganadería, y por ende su economía, y como consecuencia el bienestar de su sociedad.-

En el presente trabajo, se estudia la pérdida de suelo y agua, en diferentes condiciones de uso del suelo, y las relaciones entre los factores que afectan la erosión por lluvia (5), especialmente: erosividad de la lluvia, escurrimiento asociado y erodabilidad del suelo.-

Para lograr estos objetivos, se requieren ciclos mínimos de investigación de 5 años, con instalaciones e instrumental de precisión.-

El período comprendido en este ensayo, es de 12 meses, constituye - esto una primer limitante, siendo la segunda, el no contar con aparatos adecuados a estos fines, no obstante las restricciones señaladas, se buscó con métodos a nuestro alcance, lograr las metas programadas.-

^o Los números entre paréntesis se refieren a la bibliografía citada.-

ANTECEDENTES.-

La erosión se puede definir como el desgaste ó la destrucción progresiva del suelo por la acción del agua ó del viento y acelerada por el hombre.-

En nuestro país se puede decir, que la erosión hídrica y el hombre son los agentes erosivos de mayor incidencia.-

Dentro del equilibrio establecido por la naturaleza (14), ocurre el tipo de erosión denominada normal ó geológica, en la cual los materiales son transportados con un ritmo generalmente inferior a la velocidad de formación de los suelos, puede considerarse como un proceso más de formación del suelo, a través del cual se renueva y desplaza la capa superficial que cubre la corteza terrestre.-

La erosión acelerada, es por el contrario un proceso dinámico y altamente perjudicial, el cual se inicia al comenzar el hombre a explotar el suelo en su provecho, destruyendo la vegetación protectora y rompiendo con las herramientas de labranza la superficie de los terrenos.-

El proceso erosivo adquiere velocidad y se vuelve perjudicial por cuanto al debilitarse las barreras protectoras, el transporte de partículas sobrepasa a la formación del nuevo suelo.-

El suelo perdido es generalmente el más fértil, el que contiene los principios nutritivos de las plantas, el humus y todos los abonos que el agricultor haya aportado (5).- Millones de toneladas de suelo superficial, se pueden perder para siempre, si la erosión lo arrastra al mar.-

Los terrenos fuertemente erosionados, son difíciles de labrar, porque forman una costra, se apelmazan, no absorben agua, y no contienen elementos nutritivos en cantidades suficientes absorbibles por las plantas.-

El CIDE Agropecuario y la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYP) (4) estimaron en 1967, una existencia de 3.2 millones de hectáreas afectadas por diferentes grados de erosión, lo que significa, una quinta parte de las tierras del país.-

Siendo el suelo, la materia prima que el hombre utiliza para subvenir sus necesidades y visto el efecto perjudicial, la inutilización de vastas zonas apropiadas para los cultivos y el pastoreo, encarar una metodología que impida el proceso, y que analice los factores que han contribuido a ello, impulsó a crearse en distintas regiones del mundo, centros de investigación.-

La técnica aplicada para lograr estos objetivos, varían de región a región, cada Instituto se adecuó a sus posibilidades y prioridades, efectuando el análisis sobre: suelos, cultivos, climas, topografías, específicos de la zona.-

En esta investigación, aparte de no contar con instrumentos adecuados, se buscó igual con limitaciones, llegar a conclusiones que destaquen en forma elocuente lo expresado al comienzo.-

Una de las tendencias, en la investigación sobre pérdida de suelo es obtener datos, y determinar índices, de cuyos análisis se obtengan conclusiones que se puedan expresar en modelos empíricos de predicción.-

A partir del año 1930, el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norte América, comenzó con un estudio amplio sobre causas de la erosión hídrica, a través de Bennett H.H.- Se puede considerar, que el resultado de la investigación luego de 30 años de iniciada, permitió arribar a la "ecuación universal de pérdida de suelo".-

En efecto, el concepto de -universal- de acuerdo con Wischmeier W. H., está dado por dos items.: a) un índice de erosión por lluvia, EI, el que caracteriza el potencial erosivo de la lluvia en una localidad y b) un método para evaluar el efecto del cultivo y el manejo del suelo, en función de la distribución del potencial erosivo anual (13).-

Estos dos conceptos de Wischmeier, eliminan todas las restricciones climáticas y geográficas inherentes a los modelos de predicción anteriores.-

El modelo de la ecuación universal es el siguiente (7) :

$$A = R K L S C P$$

A = La pérdida media anual de suelo en toneladas por unidad de superficie, predicha mediante la ecuación.-

R = Factor lluvia, generalmente índice EI, anual métrico para un período de retorno de dos años.-

K = Factor erodabilidad del suelo, es la tasa de pérdida de suelo por unidad de índice de erosión R, de un suelo determinado, en barbecho continuo cultivado en parcelas con 9% de pendiente y 22,1 mts. de largo.-

L = Factor longitud de pendiente, es la tasa de pérdida de suelo de un campo con respecto a otro cuya longitud es de 22 mts., medido con el mismo tipo de suelo y pendiente.-

S = Factor grado de pendiente, es la tasa de pérdida de suelo de un campo con respecto a otro con 9% de pendiente.-

C = Factor cultivo-manejo, es la tasa de pérdida de suelo desde un campo con una específica sucesión de cultivos y manejo del suelo, con respecto a suelo en barbecho, en donde el factor K fue evaluado.-

P = Factor práctica de conservación, es la relación de pérdida de suelo con laboreo en contorno, en fajas o terrazas en un campo con respecto a uno laboreado en dirección de la pendiente.-

El índice EI, fue el índice simple más exacto para correlacionar la lluvia con pérdida de suelo (15).- Analizando los datos provenientes de 8000 parcelas-años, Wischmeier encontró que la variable EI explicaba de un 72 a un 97% la varianza de pérdida de suelo parcela a parcela en barbecho continuo cultivado.-

El índice EI anual en cultivos carpidos continuamente por 10 ó más años, explicó de un 72 a un 85% de la variación anual de pérdida de suelo.-

El índice EI de un aguacero se define como (15,7): el producto de la energía cinética total X la máxima intensidad en 30 minutos X 10^{-2} .-

Se considera un aguacero, el lapso dentro de un entorno de 6 horas, siempre y cuando dentro de éste, se produzca un total de lluvia mayor ó igual a 12,7 mm.-

La energía cinética total es igual a :

$$E_t = \sum_{i=1}^{i=6} E_i \quad (1)$$

donde i = 1....6 horas, porque generalmente se toman incrementos de 60 minutos.-

La energía cinética de la lluvia se valúa por una ecuación de regresión obtenida por Wischmeier y Smith (5,7) que en unidades métricas es la siguiente:

$$E = 12,142 + 8,877 \log I \quad (2)$$

donde I, es la intensidad en mm/hora para el incremento de intensidad que se considere y E es $\frac{tm-m}{Há-mm}$

La máxima intensidad en 30 minutos, se determina en la banda del pluviómetro registrador, este valor se expresa en mm/hora; si se usa conjuntamente con la ecuación (2).-

Ejemplo: Si en 30 minutos tenemos una cantidad media de lluvia de 16 mm, referido a una hora, significa 32 mm/hora.-

El índice EI anual, índice de erosividad anual, se calcula sumando los EI de cada aguacero.-

El concepto erodabilidad del suelo, representa una medida cuantitativa de la susceptibilidad de un determinado suelo a la erosión por el agua.-

Wischmeier, demostró que para un determinado suelo y en una misma zona (16) las pérdidas de suelo por aguacero, son proporcionales al parámetro de lluvia EI.-

La cantidad de suelo erosionado por unidad de índice EI, difiere significativamente entre suelos.-

La erodabilidad "K" es una propiedad intrínseca del suelo que depende de la capacidad de infiltración y la capacidad para resistir la desagregación y el transporte por la lluvia y el escurrimiento asociados.-

Wischmeier define este factor y lo expresa, como pérdida de suelo por unidad de índice EI, medido en barbecho continuo cultivado y con una longitud y pendiente de ladera específicos.-

Esta medición se puede realizar en condiciones de longitud y pendiente diferentes (Koolhaas, com. pers.) para ello se debe efectuar el ajuste de las pérdidas observadas.-

La medición directa del factor erodabilidad es muy costosa y requiere muchos años de determinaciones (1), teniendo en cuenta esto, los investigadores (16) han correlacionado propiedades físicas y químicas para determinar así la erodabilidad en forma indirecta.-

Para ello, se debe aplicar lluvias de distintos potenciales erosivos, mediante un simulador de lluvia, y con las pérdidas de suelos respectivas, se obtiene una ecuación de regresión cuyo coeficiente angular es la erodabilidad del suelo.- De otra manera se puede determinar por los $\frac{\Delta A}{\Delta EI}$, el valor medido de la suma de estos incrementos, nos dará el K promedio.-

La regresión múltiple entre los K observados y las propiedades físicas y químicas de las parcelas experimentales, permiten determinar la erodabilidad en forma indirecta.-

En efecto, Wischmeier y Mannering (16), determinaron una ecuación simplificada para hallar K , que es la siguiente.-

$$K_{\text{métrico}} = 1.292 \left[0.043pH + 0.62/m.o. + 0.0082 \text{ arena} - 0.0062 C \right] \times \text{limo} \quad (3)$$

arena en %

limo en %

$$C = \frac{\% \text{ arcilla}}{\% \text{ arena} + \% \text{ limo}}$$

m.o. en %

Los métodos de investigación utilizados para evaluar la erosión del suelo(5), comprenden gran número de técnicas y procedimientos diferentes.-

En los trabajos primitivos realizados en los Estados Unidos, se emplearon parcelas experimentales con tamaños que oscilaron entre los 20 m² y 1 Há.-

Las primeras parcelas, tenían un área aproximada a los 40 m² (Bennett H.H.) con las siguientes dimensiones : 1.8 mts.de ancho y 22.1 mts. de largo.-

El escurrimiento de las parcelas se recepcionaba en grandes tanques

a los cuales para reducir el volumen de agua y suelo, manteniendo el tamaño de parcela, se les incorporaba aparatos muestreadores.-

En este sistema de colecta total, tanques de capacidad suficiente recogen el total escurrido, usando divisores, de estos se obtienen - una fracción del total, un quinto ó un séptimo, el que conducido a un segundo tanque, permite ésta parte alícuota referir al volumen total, evacuando el resto por un sistema de desagüe.-

En áreas muy grandes, mayores a 200 m^2 , se puede usar hasta un tercer depósito, el que también recibe una fracción separada.-

Los divisores más usados son del tipo Geib.- Para el caso de 3 tanques el volumen del 3ro. se multiplica por el número de divisores del segundo, y éste total por el número de divisores del primero, obteniendo finalmente el total escurrido.- Como complemento a este sistema, se instala un pluviómetro y un pluviógrafo.-

Del agua con suelo colectado, se toman muestras representativas, llevándose a estufa, pesándose y refiriendo esta alícuota al total.-

Más recientemente (13), se introdujo un muestreador rotativo "Coshoctontype rotating", el que mide el escurrimiento que descarga en una rueda horizontal, y que registra la tasa de escurrimiento, con el total de escurrimiento y pérdida de suelo por aguacero.-

También a partir del año 1930, se comenzó con el uso de simuladores de lluvia, pero todos manifestaron un error sistemático en lo que se refería al tamaño y/o velocidad de la lluvia, lo cual comparado a condiciones naturales de los aguaceros, destacaban valores bajos.-

Un simulador que aplica agua en condiciones de lluvia natural y en 3 ó 4 parcelas a la vez, fue diseñado posteriormente, denominándose "rainulator".-

La erosión por arrastre superficial, es en general la forma de erosión mas importante, por esto mismo, es decisiva en el estudio de las prácticas conservacionistas.-

Determinando las pérdidas por escurrimiento superficial de cierta área, se tiene al mismo tiempo, la evaluación de todos los tipos de erosión superficial, ó sea erosión por impacto, laminar y en surcos.- La determinación de las pérdidas puede ser cuali- y cuantitativa.-

La determinación cualitativa permite el análisis de las sustancias y elementos transportados en el material erosionado, en la cuantitativa se mide el volumen y la intensidad del escurrimiento.-

Al material sólido arrastrado, se le efectúa el análisis mecánico, para determinar la textura del suelo arrastrado.-

Estos datos obtenidos, permiten un estudio de la erodabilidad de diferentes tipos de suelo.-

El análisis químico del material erosionado, aporta datos valiosos, para el estudio de la erodabilidad de los suelos y para comprar ciertas prácticas, especialmente aquéllas que interfieren directamente con la fertilidad del suelo.-

MATERIALES Y METODOS.-

Lugar de la experiencia.-

Se instaló el ensayo en la zona de la Estación Experimental Dr. Alejandro Backhaus, de la Facultad de Agronomía en Montevideo.-

Características taxonómicas del suelo (')

Orden : Zonal
Sub orden : Suelos oscuros de praderas bien drenados.-
Gran grupo : Suelos pardos de pradera.-
Serie : Sayago.-

Descripción del perfil tipo.-

- 0-20 cms. Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) Franco limoso.-
Bloques angulares medianos poco definidos, que se rompen en bloques angulares pequeños, friable.-
- 20-25 cms. Color y textura semejante al anterior, pero con estructura en bloques angulares grandes, algo compactado, poco poroso, firme, transición neta e irregular.-
- 25-45 cms. Pardo muy oscuro (10YR 2/2) con algunas manchas pequeñas (10YR 3/3) Arcillo limoso medio.-
Bloques medianos angulares moderados, que se rompen en bloques más pequeños, con buenas películas de arcilla.-
- 45-60 cms. Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 2.5/2)
Arcillo limoso. Bloques angulares medianos moderados con películas de arcilla. Transición gradual.-
- 60-85 cms. Pardo grisáceo (10YR 4/2)
Arcillo limoso a franco arcillo limoso. Bloques medianos débiles con algunas películas de arcilla y nódulos calcáreos de 3 cms. blandos y duros.-

(') datos tesis, Ing. Agr. Hugo Da Silva.-

85-115 cms. Pardo (7.5YR 5/4) Franco arcillo limoso con abundante calcáreo disperso y en nódulos de 3-4 cms. blandos por fuera y duros por dentro.-

- 115 cms. mismo color y textura pero sin calcáreo.-

Clases de aptitud de uso.- (')

Clase II - Apta para cultivos intensivos, usando medidas moderadas de conservación.-

Las unidades incluidas en esta clase lo fueron debido a que presentaron permeabilidad lenta a muy lenta.-

Las moderadas medidas de conservación que impone esta clase preservarán a algunas unidades con pendiente B y grado de erosión 0 ó 1 de experimentar grados de erosión más severas.-

Clase III - Debe cultivarse con moderación, usando medidas de conservación intensivas.-

Decide la inclusión en esta clase: El grado de erosión presente y el riesgo de erosión por el grado de pendiente.-

Variaciones observadas en esta unidad de suelo.-(')

El horizonte A puede variar de 20 a 25 cms. de espesor. Es franco-limoso con estructura en bloques angulares medianos, que a veces pueden ser grandes en la parte inferior de este horizonte.-

El B₁ con un espesor entre los 60 y 75 cms., es arcilloso limoso medio a franco arcillo limoso en el B₁, arcillo limoso ó arcilloso liviano en el B₂ pudiendo variar su color entre 10YR 2/2 y 3/2.-

El B₃ toma color pardo grisáceo, pudiendo ser arcilloso limoso o franco arcillo limoso.-

El C_{Ca} aparece a los 90-110 cms.-

Este suelo estípico de las zonas plano convexas ó convexas, siendo dentro de las unidades que se separaron, el que presenta características más favorables, cuando las condiciones topográficas son suaves y la erosión es a lo sumo ligera.-

Aproximadamente un 14% del área ocupada por este suelo, aparece con grado de erosión "4", pero ello ocurre en zonas con laboreo inadecuado,

y sin ninguna medida de conservación.-

Periodo de la investigación.-

Un año en cuatro parcelas y 9 meses en otras cuatro, comprendiendo el siguiente periodo : desde el 10. de Agosto de 1976 hasta el 31 de Julio de 1977, y desde el 10. de Noviembre de 1976 hasta el 31 de Julio del 1977, respectivamente.-

Unidades experimentales.-

El total de 8 parcelas fueron de iguales dimensiones, ver modelo en la hoja siguiente, cada una de sus paredes de lados paralelos con sus esquinas en ángulos rectos, las dimensiones fueron las siguientes : dos metros de largo, por medio metro de ancho, medido por dentro de las parcelas.-

El equipo detallado, fue enterrado 10 cms., sobresaliendo 5 cms. por fuera del suelo, en tres de sus lados, para interceptar el escurrimiento externo a la unidad.- El cuarto lado se enterró al nivel del suelo.-

Esta parte más baja -a nivel- fue la que permitió recepcionar las muestras de agua y suelo escurridos -escorrentía-, la que se volcaba a un cajón colector y de éste a un recipiente de una capacidad de 40 litros.-

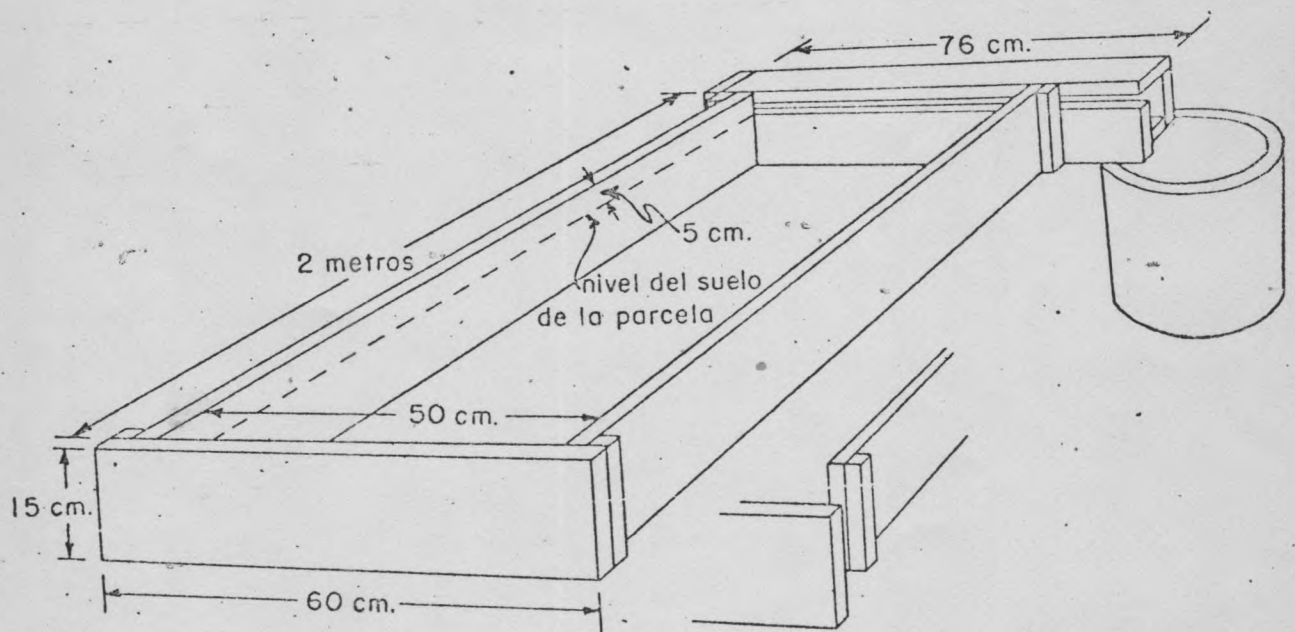
El equipo fue construido de madera estacionada de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.- Para su instalación se efectuaron zanjas que permitieron enterrar perfectamente al mismo, teniendo la precaución, de que el conjunto siguiera la línea de máxima pendiente, y que el borde inferior quedara al nivel del suelo.-

En cuanto al cajón colector, también se construyó de madera, teniendo el piso una inclinación de 30° para facilitar la recepción de la escorrentía al recipiente de zinc, instalado lateralmente.-

El recipiente se recubrió en su interior, de una bolsa de plástico grueso perfectamente adosado a sus paredes.-

Para evitar pérdidas, una vez que se clavó perfectamente el equipo de madera, se untó con alquitrán todos los intersticios que hubieran -

Parcela para medir Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica y Agua por Escurrimiento



quedado libres, como así también, toda la madera para protegerla y ofrecerle durabilidad.-

Las parcelas se instalaron DOS MESES ANTES, de la toma de datos, se apizonó fuertemente la tierra sobre los bordes de la misma, y en las zanjias que se efectuaron para instalarlas, con el fin de ofrecerle la mayor resistencia posible y evitar falsos datos.-

Toma de muestras.-

Después de cada lluvia se midió la esorrentia, se midió el total de la masa arrastrada y se tomó una parte alicuota en un recipiente de un litro de capacidad, obviamente, cuando escurrió menos, se determinó el total escurrido.-

En efecto, primero se midió el total escurrido, luego se tomó una muestra (1 litro), se llevó a estufa para determinar peso seco, y esto posteriormente se refirió al total recepcionado.-

Las muestras, en peso seco, se guardaron hasta el final del ensayo, donde se unieron en una sola muestra, para efectuarle el análisis mecánico y la determinación de materia orgánica, correspondiente por separado para cada parcela.-

Descripción de cada unidad experimental.-

En clase II de aptitud de uso -datos tomados desde el 1.8.76 hasta el 31.7.77.-

P 1 Parcela con pastura natural, constituida por la siguiente población vegetal : *Cynodon dactylon* L. ; en forma predominante; *Plantago lanceolata* L., *Picris echioides* L..-

Se instaló al borde de un antiguo camino para vehículos agrícolas.-

Pendiente 2,5%

P 2 Parcela constituida por un cultivo denso de trébol, *Trifolium repens* L., instalado un año antes y que sirviera 6 meses antes de pradera para cerdos.-

Pendiente 4,5%

P 3 Parcela continuamente roturada, cada 30 días y hasta el -

6.11.76 en que se plantó maíz, *Zea mays* L., con laboreo convencional, y un total de 3 carpidas a lo largo del ciclo del cultivo, abandonando luego de la cosecha el rastrojo en la parcela.-

Pendiente 4,5%

P 4 Parcela continuamente roturada cada 30 días, durante todo el ensayo.-

Pendiente 4,5%

En clase III de aptitud de uso -datos tomados desde el 1.11.76 - hasta el 31.7.77.-

P 5 Parcela con pastura natural, con mala cobertura, enmalezada, constituida por la siguiente población vegetal : *Phalaris tuberosa* L., *Picris echioides* L., *Sonchus oleraceus* L., *Melilotus indicus* L., *Cirsium vulgare*.-

Pendiente 4,5%

P 6 Parcela constituida por un cultivo denso de trébol, *Trifolium repens* L., instalado un año antes y proveniente de una pradera de falaris, festuca y trébol.-

Pendiente 7%

P 7 Parcela con cultivo carpido -maíz- con igual manejo que P 3.-

Pendiente 7,5%

P 8 Parcela continuamente roturada cada 30 días, durante todo el ensayo.-

Pendiente 9%

En lo que se refiere a la implantación de las parcelas, se buscó que los bordes o separaciones de las unidades experimentales de 2 mts. de largo, siguieran líneas de máxima pendiente a lo largo de toda su longitud, se trató, que toda la superficie experimental se destacara como un plano geométrico.-

Los totales diarios de lluvia, fueron obtenidos en el lugar del ensayo.-

Para determinar el índice EI, se tomaron incrementos de intensidad de lluvia, para periodos de duración de 1 hora.-

Las bandas utilizadas, corresponden a las del pluviógrafo del Antepuerto de Montevideo, en el lapso comprendido desde Agosto de 1976 - hasta Julio de 1977.-

La energía cinética para cada incremento de intensidad se calculó por la ecuación:

$$E = 12.142 + 8.877 \log I \quad (2)$$

Al no contar con un pluviómetro registrador en el sitio experimental, se efectuó una trasposición de aguaceros, de los datos provenientes del pluviógrafo del Antepuerto de Montevideo, distante aproximadamente del lugar de la experiencia de 12 klmts.-

En general se observó, que los aguaceros importantes; para las lluvias mayores a 12 mm.; registradas en el puerto, con pequeñas variantes, también se registraron en el lugar del ensayo.-

A efectos de clarificar el cálculo del índice EI, se proporciona un ejemplo de 3 lluvias erosivas ocurridas en el día 10. de Febrero de 1977.-

Precip.	INCREMENTO DE INTENSIDAD I_{60} (mm/h)						E_t	I_{30} mm/h	EI
	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h			
14.1	4.6	0.1	1.7	7.7	-	-	55.49	8.0	4.44
26.1	11.6	3.2	0.9	6.5	3.9	-	86.70	12.0	10.40
37.1	33.2	2.3	0.1	0.5	-	1.0	65.87	36.0	23.71

Total: 77.3

Total registrado en el día: 81.7

Se observa en el 1er. intervalo de 6 horas, que llovió 14.1 mm.; en el 2do.: 26.1 mm y en el 3ro.: 37.1 mm, lo que hace un total de 77.3 mm.- El resto no se considera lluvia erosiva, ya que son 4.4 mm.

En el ensayo se verificó que lluvias menores a 7,5 mm. no eran erosivas, lo que por otra parte, es criterio sustentado por W.H. Wischmeier.-

RESULTADOS

En el cuadro No. 1, se exponen los resultados del análisis mecánico (°), al inicio del ensayo en cada parcela, y al final del mismo - en las muestras de suelo perdido acumuladas.-

CUADRO No. 1 - Análisis mecánico de cada unidad experimental, al iniciar el ensayo en cada parcela y al final del ensayo, en las muestras de suelo perdido -erosión- acumuladas.-

	% Arena		% Arcilla		% Limo	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
P 1	24.28	36.90	27.12	24.34	48.60	38.76
P 2	24.70	34.30	31.98	29.60	43.32	36.10
P 3	24.28	36.26	33.74	24.94	41.98	38.80
P 4	31.68	31.14	24.40	30.46	43.92	38.40
P 5	32.74	38.82	38.38	28.18	28.88	33.00
P 6	31.38	28.94	32.88	33.06	35.74	38.00
P 7	22.78	22.36	33.06	32.04	44.16	45.60
P 8	29.28	31.86	34.62	39.94	36.10	34.20

(°) Método densimétrico de Bouyoucos, citado en Soil Science Vol.42 Set. 1936.-

En el cuadro No. 2, se exponen los resultados para cada parcela de la determinación de materia orgánica (°°) en %, al iniciar; al finalizar el ensayo, y en el suelo erosionado - en las muestras de suelo colectadas a lo largo del experimento.-

CUADRO No. 2 - Determinación de materia orgánica en cada parcela al inicio y al final del ensayo, y en el suelo erosionado.-

PARCELA	MATERIA ORGANICA en %		
	Inicial	Final	En el suelo erosionado.-
P 1	5.31	5.04	6.50
P 2	4.67	4.23	6.00
P 3	2.10	2.22	4.54
P 4	2.62	2.20	3.55
P 5	3.70	3.55	4.52
P 6	3.80	3.40	6.35
P 7	3.76	3.06	3.35
P 8	3.84	2.81	2.36

En el cuadro No. 3 se resumen los datos mensuales obtenidos durante el ciclo experimental: precipitación en mm; índice EI; pérdida de suelo en toneladas por hectárea y escorrentía en mm., desde Agosto/76 hasta Julio/77 para las parcelas 1-2-3-4 y desde noviembre/76 a Julio /77 para las parcelas 5-6-7-8, también se calculó los totales correspondientes y los promedios mensuales.-

Los datos fueron obtenidos después de cada lluvia y en forma individual, posteriormente se agruparon y se ofrecen tabulados mes a mes.

(°°) Técnica de Walkley-Black Method, citado en Methods of Soil Analysis de C.A. Black.- 1965.-

Cuadro No. 3 - Precipitación, EI y Pérdida de suelo y agua en diferentes usos del suelo.-

Meses	PERDIDA DE SUELO								EI	LLUVIA mm	ESCURRIMIENTO							
	P 1 Tm/Há	P 2 Tm/Há	P 3 Tm/Há	P 4 Tm/Há	P 5 Tm/Há	P 6 Tm/Há	P 7 Tm/Há	P 8 Tm/Há			P 1 mm	P 2 mm	P 3 mm	P 4 mm	P 5 mm	P 6 mm	P 7 mm	P 8 mm
osto.76	0.61	0.41	1.37	1.68					14.0	74.1	9.3	5.6	11.6	12.0				
tiem.76	0.60	0.58	2.33	1.55					19.0	91.5	18.1	12.2	17.9	17.4				
tubr.76	1.18	1.03	2.43	2.50					35.8	123.8	22.1	13.1	20.1	20.9				
viem.76	0.54	0.35	0.95	1.07	0.72	0.46	1.49	0.41	21.7	70.9	10.0	2.6	9.3	9.4	10.8	8.7	11.2	11.2
ciem.76	0.67	0.63	1.08	1.51	0.62	0.55	1.32	1.64	45.0	103.2	15.0	10.3	14.0	13.9	14.2	11.4	18.8	19.9
ero. 77	0.48	0.31	0.41	0.57	0.44	0.50	1.27	1.33	9.2	58.0	8.6	7.0	10.6	8.8	9.2	10.5	12.8	10.3
brer.77	3.06	3.22	4.09	4.97	1.96	2.78	4.68	5.34	80.2	267.2	43.0	26.7	24.8	35.3	35.2	31.0	41.7	43.5
rzo. 77	0.65	0.69	0.86	0.90	0.22	0.33	1.00	1.25	11.7	79.0	9.9	6.3	11.7	12.1	10.6	7.8	11.1	14.3
ril. 77	0.15	0.06	0.26	0.20	0.08	0.07	0.09	0.21	6.0	29.4	5.3	5.1	6.0	5.9	3.5	5.1	7.3	5.5
yo. 77	0.84	0.97	0.89	1.10	0.55	0.67	1.23	0.92	17.3	112.7	25.6	12.5	20.2	21.0	27.6	24.7	29.7	32.9
nio. 77	0.58	0.04	0.08	0.12	0.05	0.05	0.14	0.16	4.0	46.9	2.6	1.9	3.2	3.6	2.9	2.0	3.4	4.0
lio. 77	0.19	0.18	0.28	0.38	0.26	0.33	0.39	0.58	10.0	62.7	10.7	7.1	9.3	10.2	13.2	12.7	16.3	17.7
Σ	9.55	8.47	15.03	16.55	4.90	5.74	11.61	11.84	273.9	1139.4	180.2	110.4	158.7	170.5	127.2	113.9	152.3	159.3
Ȫ	0.80	0.71	1.25	1.38	0.54	0.64	1.29	1.32		95.0	15.0	9.2	13.2	14.21	14.1	12.7	16.9	17.7

En el cuadro No. 4, se detallan los resultados obtenidos en la determinación de pH - agua -, al iniciar el ensayo y al finalizar el mismo, para cada unidad experimental.-

CUADRO No. 4 - Determinación de la acidez del suelo pH, al iniciar y al finalizar el ensayo en cada parcela.-

PARCELA	pH (agua)	
	INICIAL	FINAL
1	7.2	7.2
2	6.7	6.5
3	7.2	7.1
4	7.2	7.2
5	7.6	7.6
6	7.5	7.5
7	7.4	7.6
8	7.5	7.5

En los cuadros Nos. 5 y 6 se calcularon los coeficientes de correlación simple, para los datos del cuadro No. 3.-

Se dibujaron histogramas relacionando los parámetros (en totales mensuales) : precipitación y pérdida de suelo Nos. 1 y 2; precipitación y escurrimiento Nos. 3 y 4; pérdida de suelo y escurrimiento - Nos. 5 y 6.-

En los histogramas Nos. 1, 3 y 5 se encuentran los datos de las parcelas : 1-2-3-4 y en los histogramas Nos. 2, 4 y 6 los datos de las parcelas 5-6-7-8.-

CUADRO No. 5 - Coeficientes de correlación simple, entre pérdida de suelo y escurrimiento, de los datos del Cuadro No. 3.-

$r_{A_1 E_1}$	=	0.924 ⁺⁺
$r_{A_2 E_2}$	=	0.938 ⁺⁺
$r_{A_3 E_3}$	=	0.852 ⁺⁺
$r_{A_4 E_4}$	=	0.852 ⁺⁺
$r_{A_5 E_5}$	=	0.848 ⁺⁺
$r_{A_6 E_6}$	=	0.891 ⁺⁺
$r_{A_7 E_7}$	=	0.841 ⁺⁺
$r_{A_8 E_8}$	=	0.808 ⁺⁺

donde :

A = pérdida de suelo

E = escurrimiento

CUADRO No. 6 - Coeficiente de correlación simple, entre pérdida de suelo, escurrimiento, índice EI y precipitación, de los datos del cuadro No. 3.-

$r_{A_1 EI}$	=	0.93 ⁺⁺
$r_{E_1 EI}$	=	0.86 ⁺⁺
$r_{A_1 P}$	=	0.94 ⁺⁺
$r_{E_1 P}$	=	0.95 ⁺⁺
$r_{A_3 EI}$	=	0.92 ⁺⁺
$r_{A_8 P}$	=	0.95 ⁺⁺

donde :

A = pérdida de suelo

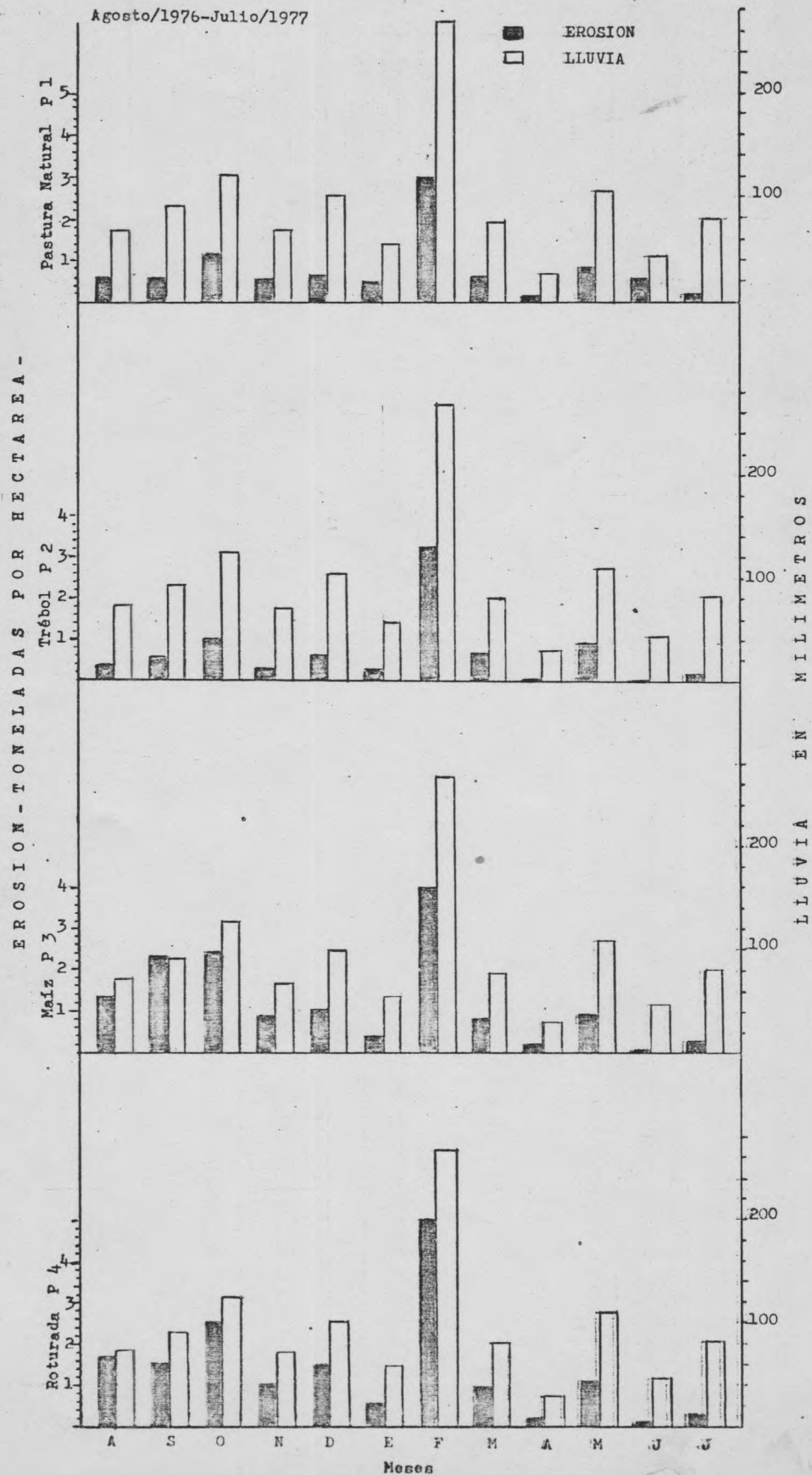
E = escurrimiento

P = precipitación

EI = índice de erosión

Histograma No. 1
RELACION ENTRE LA LLUVIA TOTAL MENSUAL Y LA PERDIDA DE SUELO
(EROSION) - BAJO 4 USOS DE SUELO DIFERENTES.-

Agosto/1976-Julio/1977

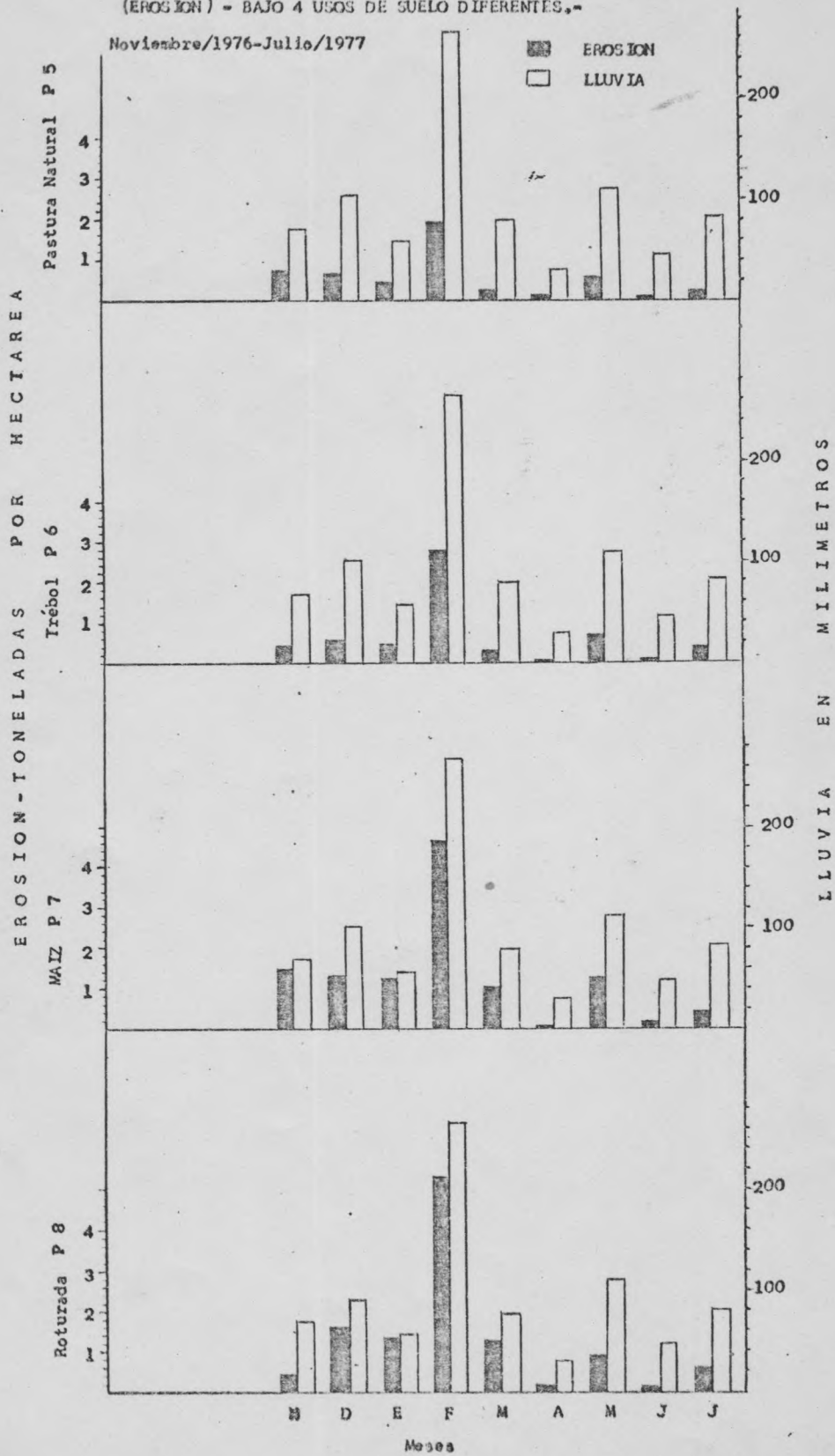


Histograma No. 2

RELACION ENTRE LA LLUVIA TOTAL MENSUAL Y LA PERDIDA DE SUELO

(EROSION) - BAJO 4 USOS DE SUELO DIFERENTES.-

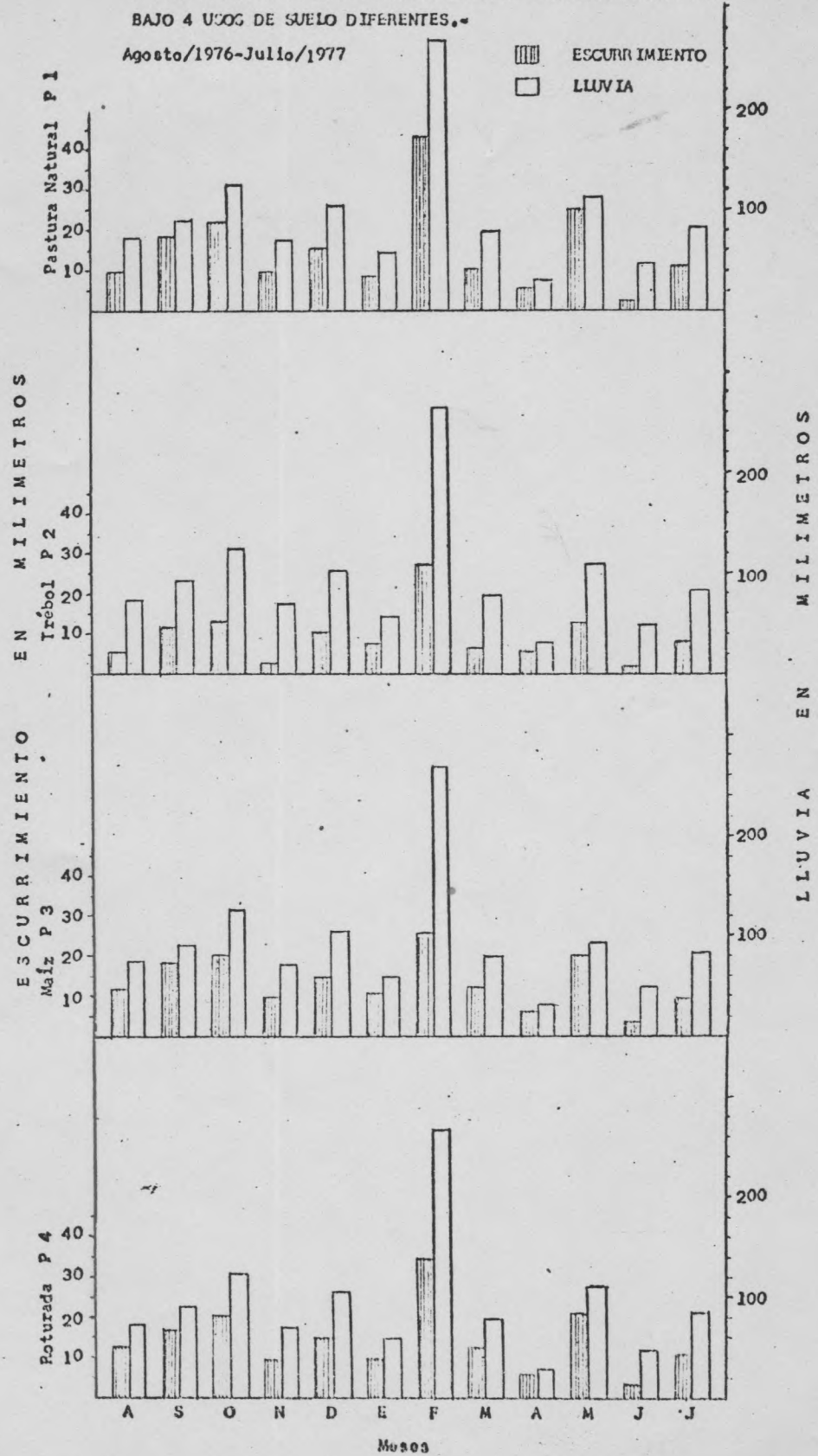
Noviembre/1976-Julio/1977



Histograma No. 3

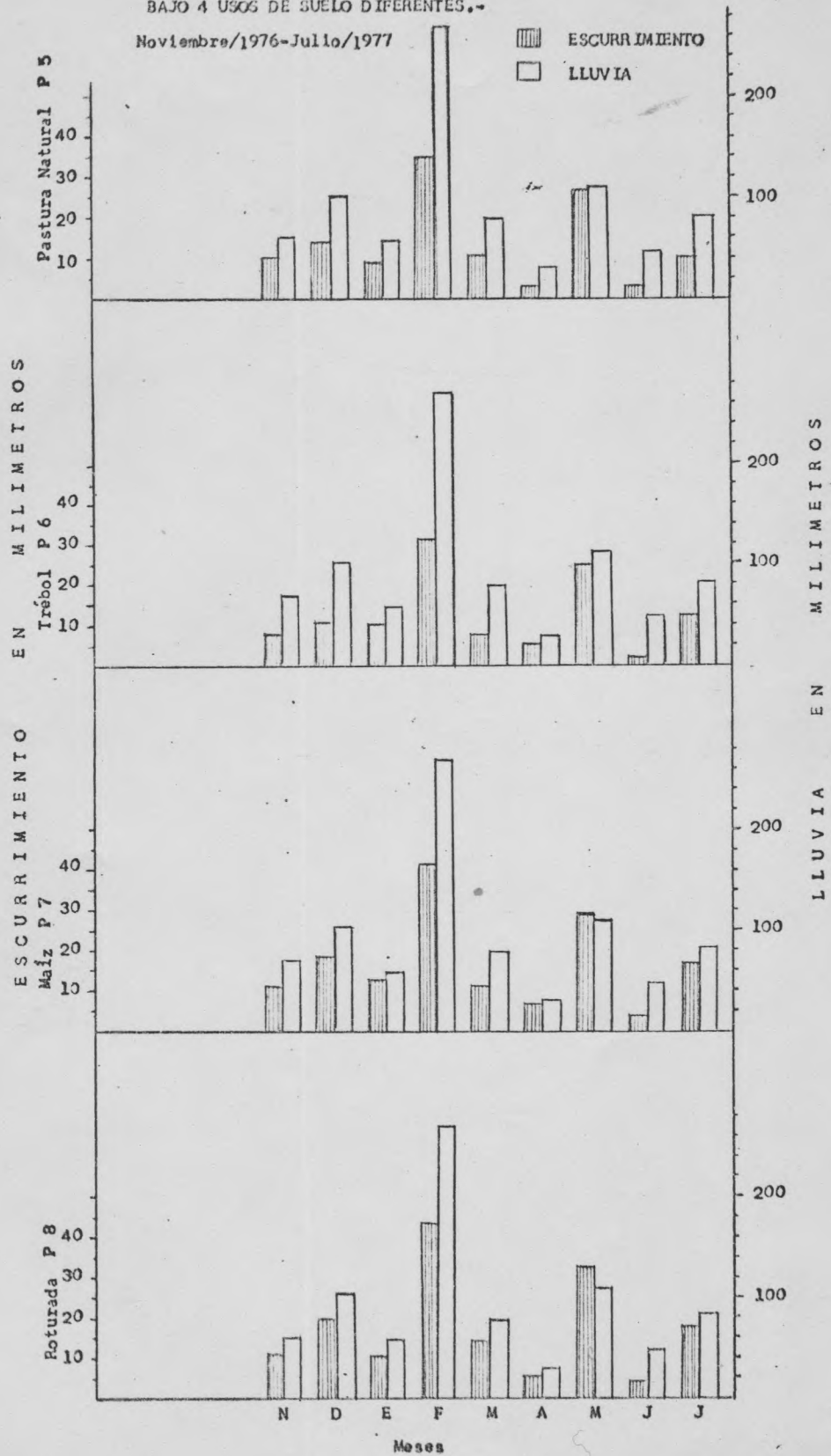
RELACION ENTRE LLUVIA Y ESCURRIMIENTO -TOTALES MENSUALES-
BAJO 4 USOS DE SUELO DIFERENTES.-

Agosto/1976-Julio/1977



RELACION ENTRE LLUVIA Y ESCURRIMIENTO -TOTALES MENSUALES-
BAJO 4 USOS DE SUELO DIFERENTES.-

Noviembre/1976-Julio/1977

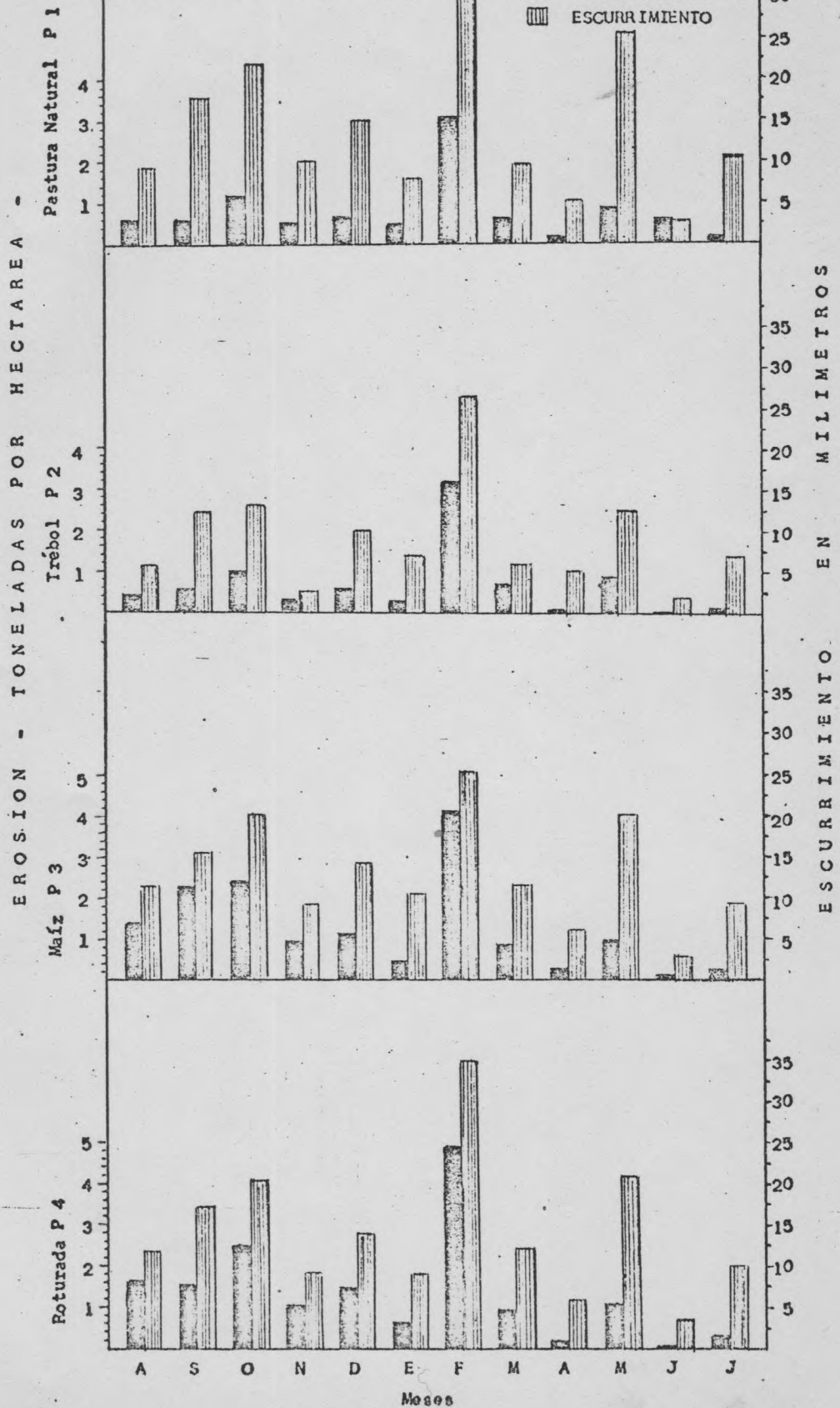


Histograma No. 5

RELACION ENTRE ESCURRIMIENTO Y PERDIDA DE SUELO

TOTALES MENSUALES - - -BAJO 4 USOS DE SUELO DIFERENTES.-

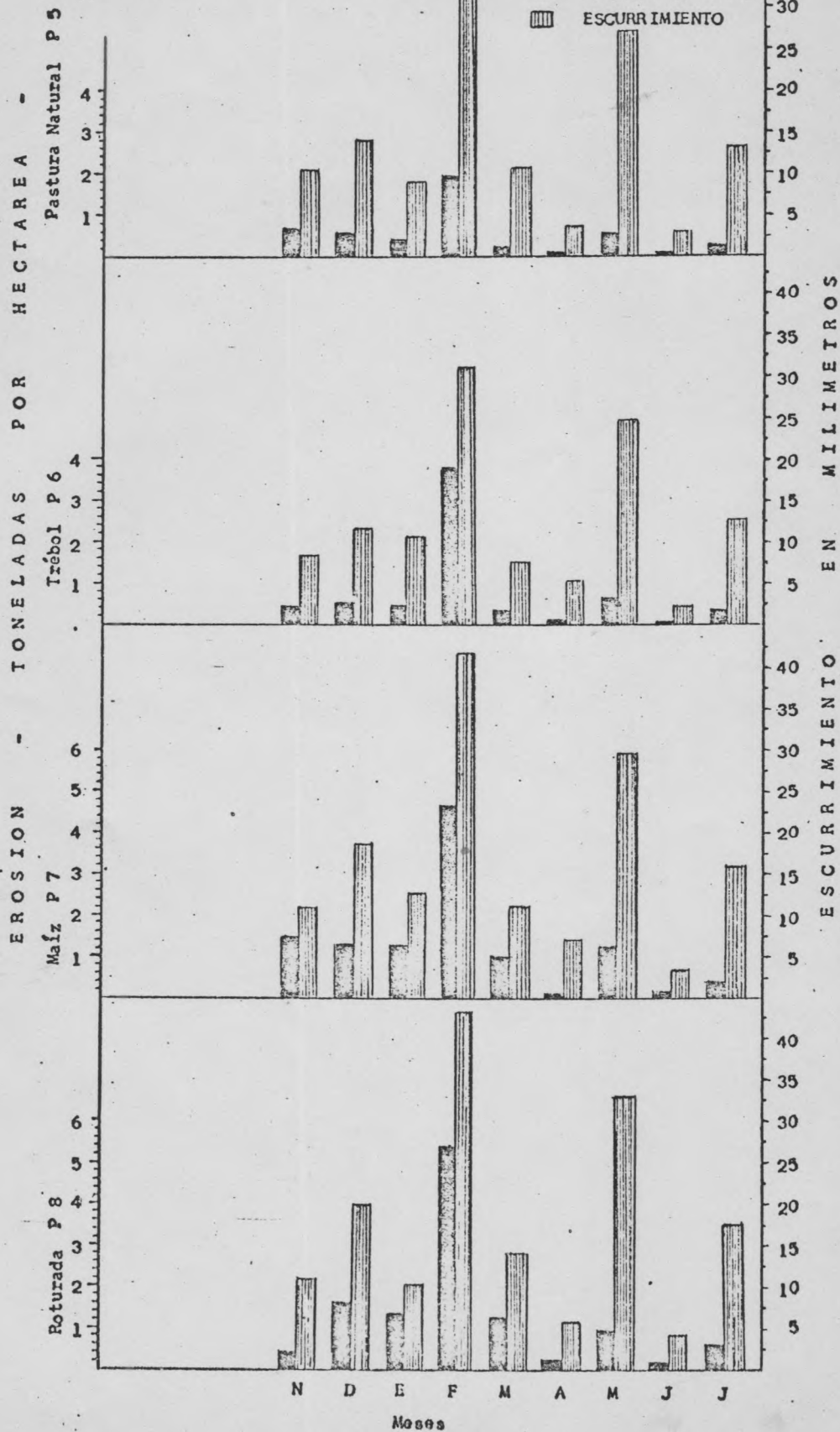
Agosto/1976-Julio/1977



RELACION ENTRE ESCURRIMIENTO Y PERDIDA DE SUELO

TOTALES MENSUALES - BAJO 4 USOS DE SUELO DIFERENTES -

Noviembre/1976-Julio/1977



En el cuadro No. 7, se agrupan en clases modales, la distribución del tamaño de los aguaceros erosivos, en porcentaje simple y en porcentaje acumulado.-

CUADRO No. 7 - Distribución del tamaño de los aguaceros erosivos.-

Clase	EI	No. de aguaceros erosivos.-	Porcentaje	Porcentaje acumulado.
1	1-5	21	58.3	58.3
2	6-10	9	25.0	83.3
3	11-15	3	8.3	91.6
4	16-20	1	2.8	94.4
5	21-25	1	2.8	97.2
6	26-30	-	-	97.2
7	31-35	1	2.8	100.0
Total		36	100.0	

En el cuadro No. 8, se presentan las pérdidas de suelo ajustadas a una longitud de ladera de 22 mts., y a una pendiente del 9%, para las parcelas en barbecho continuo cultivado Nos. 4 y 8, con longitudes de ladera de 2 mts. y con una pendiente del 4,5% y 9% respectivamente.-

Para realizar el ajuste se aplicó la siguiente expresión :

$$\text{Factor de ajuste} = \frac{\sqrt{22.1} (1.38 + 0.96s + 0.138s^2)}{\sqrt{L} (1.38 + 0.96s' + 0.138s'^2)}$$

$$\text{Para la parcela 4} = \frac{\sqrt{22.1} (1.38 + 0.96 \times 9 + 0.138 \times 9^2)}{\sqrt{2} (1.38 + 0.96 \times 4.5 + 0.138 \times 4.5^2)} = 8.296$$

$$\text{Para la parcela 8} = \frac{\sqrt{22.1 (1.38 + 0.96x9 + 0.138x9^2)}}{\sqrt{2 (1.38 + 0.96x9 + 0.138x9^2)}} = 3.324$$

Como se desprende los valores obtenidos son : 8.296 y 3.324, el primer valor se multiplicó por las toneladas métricas por Há. medidas en la unidad experimental No. 4 y el segundo valor por las toneladas métricas por Há. medidas en la unidad No. 8, lográndose de esta manera el ajuste correspondiente.- (cuadro No. 8)

CUADRO No. 8 - Pérdidas de suelo ajustadas en parcelas en barbecho continuo cultivado, e índices EI mensuales.-

Mes	Parcela 4			Parcela 8		
	A ajustado LS = 1	EI por mes	A/EI	A ajustado LS = 1	EI por mes	A/EI
Ago.76	13.94	14.0	1.0			
Set.76	12.86	19.0	0.68			
Oct.76	20.74	35.8	0.58			
Nºv.76	8.88	21.7	0.41	1.36	21.7	0.06
Dic.76	12.53	45.0	0.28	5.46	45.0	0.12
Ene.77	4.73	9.2	0.51	4.24	9.2	0.46
Feb.77	41.23	80.2	0.51	17.76	80.2	0.22
Mar.77	7.47	11.7	0.64	4.16	11.7	0.36
Abr.77	1.66	6.0	0.28	0.70	6.0	0.12
May.77	9.13	17.3	0.53	3.06	17.3	0.18
Jun.77	1.00	4.0	0.25	0.53	4.0	0.13
Jul.77	3.15	10.0	0.32	1.93	10.0	0.19
Total	137.87	273.9	5.99	39.20	205.1	1.84
Promedio	11.49	23.16	0.499	4.36	22.79	0.204

Se efectuó la regresión lineal entre las pérdidas de suelo y los correspondientes índices EI, obteniéndose las siguientes ecuaciones:

Para la parcela 4 $A^+ = 0.471 EI + 0.685$
por tanto K métrico = 0.47

Para la parcela 8 $A^+ = 0.200 EI - 0.286$
por tanto K métrico = 0.20

Aplicando la fórmula de Wischmeier y Mannering para aproximar el factor K, (citada en la pág. No.10), se obtiene :

para la parcela 4, K = 0.48

para la parcela 8, K = 0.32

Para llegar a estos valores, se utilizan los cuadros Nos. 1,2 y 4.-

CUADRO No. 9 - Análisis de variancia
de los datos del cuadro No. 3.-

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F _{0.05}
Pérdida de suelo	7	8.730	1.247	1.02	2.13
Error	76	92.539	1.218		
Total	83				

$$\hat{\mu} = 0.996$$

$$S_x = 1.104$$

$$C_v = 1.108$$

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F _{0.05}
Escurrecimiento	7	512.958	73.28	0.78	0.24
Error	76	7184.806	94.54		
Total	83				

$$\hat{\mu} = 13.956$$

$$s_x = 9.723$$

$$C_v = 0.697$$

DISCUSION.-

Antes de discutir los resultados obtenidos durante un año de experimento para las parcelas 1,2,3,4 y 9 meses para las parcelas 5,6,7,8, hay que destacar las condiciones en que el experimento fue realizado, es decir, de las limitaciones inherentes al mismo, a fin de realizar una mejor interpretación y poder valorar el alcance y significado de cada uno de los valores obtenidos.-

Como limitación general, tenemos que las pérdidas de suelo y agua reflejan lo que sucedería en : un campo natural, en un cultivo denso, en un cultivo carpido, y en un suelo continuamente arado, a lo largo de la pendiente para cada unidad experimental, en una longitud de 2 - metros.-

Equivale a decir, que es lo que sucede en estos usos diferentes de suelo en longitudes de 2 metros.-

Esta limitación tiende a reducir las pérdidas de suelo y agua, - haciendo menos aparente el efecto, pues la pequeña longitud de la parcela tiende a minimizar, el volumen de escorrentía recogido, haciendo más evidente y enfatizando más la erosión por salpicadura ('splash erosion').-

Se observa a lo largo del ciclo estudiado, un mes de febrero muy - lluvioso con 267,2 mm. y un invierno de poca lluvia, es decir se trata de un año irregular, lo que tomado como media para nuestro país, no refleja nuestro régimen pluviométrico.- El que en general, es de lluvias hogogéneamente distribuidas en todo el año.-

En efecto, resulta notorio, que una investigación en condiciones - naturales, (sin usar, por ejemplo, simuladores de lluvia) se debe realizar durante muchos años, para lograr parámetros más adecuados a nuestra realidad geográfica.-

A partir de los datos en sí, y teniendo en cuenta los autores que se citan en la bibliografía, la lluvia que cae en un terreno comienza a fluir, luego de saturar su capacidad de absorción en profundidad, en forma de escorrentía arrastrando partículas integrantes del mismo.-

En este proceso, actúan no solo el total de agua caída en los últimos días, previo a la lluvia erosiva sino la : intensidad, topografía

materia orgánica, estructura, manejo anterior, características intrínsecas del suelo, elementos minerales.-

Observando los histogramas, se destaca una mayor pérdida de suelo en barbecho continuo siempre arado, siguiendo en orden decreciente, el cultivo carpido, luego el denso y finalmente la pastura natural.-

No obstante lo expuesto, dada la alta densidad de plantas en la parcela con trébol P 2, y a pesar de una mayor pendiente respecto a la parcela con pastura natural P 1, con 2,5% y 4,5% respectivamente, las pérdidas son similares.-

Se minifiesta inferimos, un efecto compactante de sus capas superiores, en pastura natural P 1, por haber sido un antiguo camino para vehículos agrícolas.-

La mayor pendiente en trébol P 2, es equilibrada con respecto a pérdidas, por su alta densidad de plantas, en efecto, estos dos aspectos densidad y pendiente equilibran en estos dos casos las pérdidas.-

El mismo efecto, se destaca en pastura natural P 5 y trébol P 6, con pendientes respectivas de 4,5% y 7%, las pérdidas son también similares, aquí el efecto de la materia orgánica pudo atenuar y equilibrar las pérdidas.-

Si se observa el cuadro No. 2 se visualiza el efecto de la materia orgánica, ésta aumenta la agregación y la estabilidad de los agregados, aumenta la porosidad (18), aereación, infiltración, percolación, reduciendo el escurrimiento superficial.-

La interrelación de los diferentes factores, equilibran las pérdidas, la vegetación, es como se destacó, un factor que detiene el proceso, al estar cubierto el suelo, es notable este efecto como se manifiesta en las más densamente pobladas.-

En el caso de trébol P2 y pastura natural P 5, se contraresta pendientes más pronunciadas, que favorecen el proceso, equilibrando el fenómeno, y dando valores de pérdidas competitivos en ambos casos.-

La cubierta vegetal actúa amortiguando el impacto de la gota de lluvia, evitando la dispersión de los agregados, aumentando y favoreciendo la capacidad de infiltración, y permitiendo en consecuencia, una infiltración más lenta en profundidad.-

En los casos de suelo desnudo, sin protección vegetal, la lluvia destruye con su impacto, desagrega las partículas y si hay escurrimiento, lleva en suspensión las fracciones más ligeras limo y arcilla.-

En el análisis mecánico (Cuadro No. 1), se verificó esto en forma notable para las parcelas sin protección vegetal, P 4 y P 8, no comprobándose esto para el resto de las parcelas.-

Asimismo, a excepción de la parcela No. 4 (Cuadro No. 2), siempre el suelo erosionado contiene menos materia orgánica que el original, por lo que se verifica que la erosión, origina siempre pérdida de fertilidad.-

En relación al análisis de los datos del cuadro No. 9, la falta de diferencias significativa se puede explicar, debido a que las pasturas en el predio estudiado, se encuentran en degradación, manifestado por la presencia de malezas y una cobertura irregular del suelo, con poca presencia de gramíneas.-

Se puede asimilar esto, a lo que sucede en un campo natural sobrepastoreado.-

Por otra parte, el tamaño de las parcelas, es limitante para este tipo de inferencias, como ya se destacó al comienzo de este trabajo.-

En las condiciones de experimentos de larga duración, el factor K se valúa en la parcela en barbecho continuo cultivado, después de 3 ó 4 años de iniciado el experimento.-

En condiciones de trabajo con simuladores de lluvia, previo a la aplicación de las lluvias, y trabajando sobre un suelo que ha soportado cultivos carpidos por varios años, se efectúan varias aradas y disqueadas, para de esa manera asemejar la condición física del suelo a las condiciones de la definición del factor.-

En la parcela 4, fue un suelo usado como viñedo y que en los últimos 3 años soportó; cultivo carpido -maíz- en verano y barbechándose el resto del tiempo.-

En la parcela 8 se plantó trigo hace 3 años, incorporándose luego sobre el rastrojo en cobertura, falaris, festuca y trébol.-

En estos dos casos P 4 y P 8, como se desprende, no son las condiciones adecuadas para determinar el factor K experimentalmente, y ello se refleja en la discrepancia entre los valores experimentales obser-

observados y el valor derivado de la ecuación.-

En el caso de P 8, debido a su pendiente, el manejo fue más conservacionista, el que se manifiesta por un mayor contenido de materia orgánica, por lo tanto, las diferencias observadas entre los valores de K en la parcela 8, se deben a las razones manifestadas.-

En las discrepancias entre los valores de la ecuación obtenida por Wischmeier, se destaca : 1o.) que ésta fue derivada en otro origen -Estados Unidos-, con 55 suelos; 2o.) las razones ya señaladas y 3o.) que se efectuó la trasposición de aguaceros del ntepuerto, que obviamente también aportan alguna diferencia.-

El manejo de la parcela 4, se acerca a las condiciones de la definición, para valuar el factor K, y es así, que se observa una gran correspondencia entre el valor ajustado linealmente (0.47) y el calculado por la ecuación de erodabilidad (=0.48).-

La discrepancia en la parcela 8, se debe a la falta de las condiciones adecuadas y a lo ya expuesto.-

CONCLUSIONES

El estudio analítico de las lluvias de cada región, determinará con mayor seguridad, el momento más favorable para efectuar las labores culturales, y evitar los peligros de la erosión excesiva.-

La pérdida de suelo, de acuerdo a los cuadros y discusión realizada, se puede resumir de la siguiente manera : es mayor en barbecho continuo cultivado, siguiendo en orden decreciente; cultivos carpidos, cultivos densos, campo natural.-

El momento más crítico para un cultivo carpido, es en la etapa preparatoria al mismo, en consecuencia, debe prestarse la mayor atención durante este momento, con la finalidad de que los daños que pueda ocasionarse, no afecten el futuro de ese suelo.-

La alta densidad de plantas, es decir la cubierta vegetal abundante, actúa de escudo protector, disminuyendo las pérdidas.-

Una buena cobertura vegetal, como puede ser un cultivo denso de trébol, puede asimilarse a una pastura natural, tendiendo a un equilibrio en las pérdidas.-

La pendiente elevada de un suelo, determina una mayor pérdida y escorrentía.-

La compactación de un suelo, disminuye la porosidad, infiltración, y la permeabilidad, favoreciendo la escorrentía.-

Un buen contenido de materia orgánica, disminuye las pérdidas por erosión, reduciendo el escurrimiento superficial.-

Existe alta correlación entre pérdida de suelo y escurrimiento; entre pérdida de suelo en barbecho continuo cultivado y el índice de erosión EI.-

La erodabilidad de un suelo se puede determinar por medio de la ecuación derivada por Wischmeier y Mannering (16).-

En el período experimental, el total de lluvia anual fue superior a lo normal, para la zona de Montevideo en aproximadamente un 16%.-

El índice EI, la mejor caracterización del potencial erosivo anual, fue menor al valor medio encontrado en el estudio de bandas pluviográficas de 20 años (7).- Esto último significa, que este índice es apli-

cable a nuestras condiciones.-

El promedio anual de lluvias erosivas encontrado en el analisis de 20 años, es igual a 26, en este año de investigación, este valor es - igual a 36.-

Se trató de un año con muchas lluvias erosivas, por encima de lo - normal, pero con bajo potencial erosivo, como se verifica en el cua-- dro No. 4, esdecir se trató de un proceso lento y continuo.-

De acuerdo con Wischmeier y Mannerling (16), la mejor estimación de K en el trabajo experimental, es la que resulta dela regresión lineal -coeficiente angular-, entre las pérdidas de suelo ajustadas y el índice EI de los acuaceros observados.-

No se verificaron diferencias estadísticamente significativas entre pérdidas de suelo y escurrimiento en los distintos usos del suelo.-

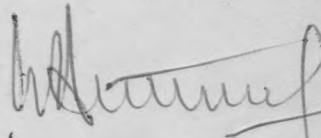
Este trabajo constituye, una investigación primaria sobre el tema, las conclusiones definitivas, se obtendrán una vez que se realice una amplia investigación en nuestro país, sobre diferentes suelos, usos, manejos, topografías.-

Se debébá contar para ello, con un equipo técnico integral, con - instrumental de precisión y con simuladores de lluvia.-

REFERENCIAS.-

1. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. y BENATTI, R. Jr. Equacao de perdas de solo. Bol. Técnico No. 21. Secretaria Da Agricultura do Estado de Sao Paulo. 1975.
2. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. y BENATTI, R. Jr. Metodologia para a determinacao de perdas por erosao. Circular No. 44. Secretaria Da Agricultura do Estado de Sao Paulo. 1975.
3. DANGLER, E.W. y EL-SWAIFY, S.A. Erosion of selected Hawaii soils by simulated rainfall. Soil Sci. Soc. Am.J.Vol.40: 769-772. 1976.
4. ESTUDIO ECONOMICO Y SOCIAL DE LA AGRICULTURA EN EL URUGUAY. MGA. OPYPA. CIDE-Agropecuario, Tomo I. Montevideo. 1967.
5. F.A.O. La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Roma. Org. de las Naciones Unidas-FAO. 207 p. Cuadernos de Fomento Agropecuario. No. 81.1967.
6. HAFNER, M. Cátedra de Edafología. Apuntes de conservación de suelos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 252 p. España. 1975.
7. KOOLHAAS, M.H. El potencial erosivo de la lluvia en Uruguay. Fac. de Agronomía. Montevideo. 1977. (no publicado).
8. MARCHESI, E. y BELTRAMINI, E. Curso de Suelos II-Tomo 5. Manejo de Suelos. Apuntes mimeograf. Fac.de Agronomía. Montevideo. 1975.
9. MARCHESI, E. y DURAN, A. Suelos del Uruguay. Nuestra tierra No. 18. Montevideo. 1969.

10. O.E.A. Cuenca del Rio de la Plata. Estudio para su planificación y desarrollo. Washington D.C. 1971.
11. SMITH, D.D. y WISCHMEIER, W.H. Factors affecting sheet and rill erosion. Amer. Geophys. Union Trans. 38: 889-896. 1957.
12. SMITH, D.D. y WISCHMEIER, W.H. Evaluating soil losses from field areas. Agr. Engin. 29: 394-396. 1948.
13. SMITH, D.D. y WISCHMEIER, W.H. Rainfall erosion. Advances in Agronomy. v.14 pp. 109-148 Academic Presse. Inc., New York. 1952.
14. SUAREZ DE CASTRO, F. Pérdidas de Suelos y Agua bajo diferentes sistemas de cultivo. Central Nal. de Investigaciones de Café. Boletín Técnico Vol. 2 No. 17 Chinchiná. Colombia. 1956.
15. WISCHMEIER, W.H. Rainfall erosion index for a Universal Soil Loss Equation. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. Vol. 23: 246-249. 1959.
16. WISCHMEIER, W.H. y MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Vol. 23: 131-137. 1969.



HUGO C. ANTUNES CALLABA