

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRICULTURA



LOTES DE ESCURRIMIENTO PARA EVALUAR EROSION Y ERODABILIDAD
DE SUELOS EN ZAPOPAN, JALISCO.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A

NICOLAS PEREZ RIVAS

LAS AGUJAS, MUNICIPIO DE ZAPOPAN, JALISCO, 1988



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
 Facultad de Agricultura

Expediente
 Número

Enero 14, 1986.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA
 DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA
 DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.
 PRESENTE.

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____
 NICOLAS PEREZ RIVAS _____ titulada,

"LOTES DE ESCURRIMIENTO PARA EVALUAR EROSION Y ERODABILIDAD DE SUELOS
 EN ZAPOPAN, JAL."

Damos nuestra aprobación para la impresión de la
 misma.

DIRECTOR.

 ING. ARTURO CORTEL BALLESTEROS.

ASESOR.

 ING. PEDRO MORENO GARCIA

ASESOR.

 ING. AURELIO PEREZ GONZALEZ

hlg.

Al contestar este oficio sirvase citar fecha y número



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
 Facultad de Agricultura

Expediente
 Número

Enero 14, 1966.

C. PROFESORES
 ING. ARTURO CUBIEL BALLESTOS, DIRECTOR;
 ING. PEDRO MORENO CABRERA, ASESOR.
 ING. AURELIO PEREZ GONZALEZ, ASESOR.

Con toda atención me permite hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

"LOTES DE ESCURRIENTO PARA CUALUAR EROSION Y CROBABILIDAD DE SUELOS EN ZAPOPAN, JAL."

presentado por el PASANTE NICOLAS PEREZ RIVAS han sido ustedes designados Director y Asesoras respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

"PIENSA Y TRABAJA"
 EL SECRETARIO.

ING. JOSE ANTONIO SAPIROVAL MADRIGAL.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

AGRADECIMIENTOS

Al ING. ARTURO CURIEL BALLESTEROS, que gracias a su ayuda y colaboración hizo posible la realización de ésta tesis.

Al ING. PEDRO MORENO GARCIA, por su respaldo y entusiasmo, salió adelante este trabajo.

Al ING. AURELIO PEREZ GONZALEZ, por su apoyo brindado en la realización de este estudio.

A todos los Maestros que me impartieron clases.

A la UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA, que a través de la FACULTAD DE AGRICULTURA, hizo posible mi formación profesional.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Néstor y Modesta, con su esfuerzo moral, que da un Padre y una Madre hacia el hijo, gracias.

A MIS HERMANOS:

José
Mario
Felipe
Enriqueta
Rosario
Teresa
Raquel
Bertha
Cristi
Ana
Veros

A MI CUÑADA:

Emilia Zamora.

A MIS AMIGOS:

De barrio y Escuela, gracias.

AL PUEBLO:

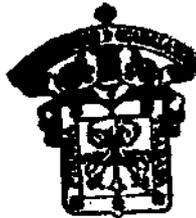
Aunque es olvidado al final, sin darnos cuenta que formamos parte de él, de esa masa que mueven de un lado para otro por su ignorancia. Gracias, mil veces gracias.

C O N T E N I D O

	PAG.
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	i
RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	2
II. OBJETIVOS Y SUPUESTOS	4
III. REVISION DE LITERATURA	5
3.1 Generalidades	5
3.2 Erosión	5
3.3 Antecedentes sobre investigación en Conservación de Suelos en el Mundo	13
3.4 Antecedentes sobre Conservación de Suelos en México	14
3.5 Antecedentes sobre investigación en Conservación de Suelos en México	15
3.6 Diagnóstico sobre el Estado Actual de la Erosión en México	16
IV. MATERIALES Y METODOS	18
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES	25
VI. CONCLUSIONES	34
VII. BIBLIOGRAFIA	36

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

FIGURAS	PAG.
1 Materiales del lote de Escurrimiento	21
2 Construcción del Lote de Escurrantía	23
3 Variaciones del factor K y R, en los eventos ocurridos cuando los escurrimientos eran -- igual o mayor de los 12.5 mm de lámina, en -- El Valle de Zapopan.	27
4 Comportamiento de la Erodabilidad en tiempo de lluvias en El Valle de Zapopan	29
CUADROS	
1 Erodabilidad antes y después de lluvias, en El Valle de Zapopan	26
2 ANVA de la relación de Erodabilidad y Tiempo	30
3 Frecuencia de los intervalos del factor K	31
4 Regresiones y Correlaciones de R, con respecto al suelo perdido por erosión en El Valle de <u>Za</u> popan.	32



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

RESUMEN

Este trabajo se realizó en la Facultad de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, con el fin de determinar la erosión hídrica y la erodabilidad (K) del suelo, así como los factores que intervienen.

Para lograr los objetivos planteados, se utilizó el método lotes de escurrimiento, con una parcela de 4 x 10 m y con una pendiente del 3%.

La pérdida del suelo fue de 20 ton/ha/año, para 1985, sin cobertura vegetal.

El factor K antes del período de lluvias fue de 0.557 y al final del término del temporal de 0.628, es decir hubo un aumento del 19.04% al final de la época de lluvias.

El comportamiento de la erodabilidad en cada uno de los eventos presentados, se cuantificó mediante el despeje de la ecuación universal de pérdida del suelo, los rangos encontrados fueron menor de 0.1 a 0.678.

El grado de error entre el peso real del suelo erosionado y la toma de muestreos, en un método directo como el aquí usado, es del 11% entre estas dos variables.

Con respecto al grado de asociación entre la erosividad y los sedimentos erosionados, hay una mayor correlación con las arenas finas y en menor grado con los limos.

La precipitación pluvial máxima en 24 horas para este año fué de -- 20.2 mm y la media de 14.5 mm siendo erosivas y de importancia las mayores de 5.2 mm.

I INTRODUCCION

El presente trabajo se llevó a cabo en la Facultad de Agricultura de la Universidad de Guadalajara.

La erosión es un proceso natural y dinámico que la tierra sufre y -- que normalmente se mantiene dentro de los límites permisibles, cuando -- existen relaciones armónicas entre la vegetación y el medio ambiente que -- les rodea.

Sin embargo al modificarse el equilibrio, la pérdida del sustrato -- puede alcanzar proporciones catastróficas y reducciones drásticas en los -- niveles de producción.

Para formar el suelo, la naturaleza necesitó de muchos siglos para -- convertir la roca en un almacén rico en nutrientes, favorable para el -- desarrollo de las plantas, pero el hombre con su irracional manejo puede -- perderlo en pocos años.

La continua degradación del recurso suelo como resultado de los agen -- tes erosivos, son cada día más acelerados en la nación, encontrando que -- cerca del 80% de la superficie del país presentan erosión a diferentes -- grados.

En este proceso, intervienen factores que están relacionados con la -- precipitación pluvial y el sustrato; como el movimiento y energía cinéti- -- ca, que depende del tamaño de las gotas de agua, la duración y la intensi -- dad de la tormenta, así como el desprendimiento y dispersión.

Si el material no es transportado por el ecurrimiento, posteriormen- -- te se transforma en una costra dura, que reducirá la infiltración y por -- consecuencia se da el principio de escurrentía.

Debido a que la mayoría de los estudios realizados sobre erosión, se -- enfocan principalmente a la evaluación de la pérdida de sedimentos, su mé

canica y formas de control, sin tomar importancia a los fenómenos que la causan.

En este estudio además de evaluar el grado erosivo, se estudia y se observa el comportamiento de estos factores, de ahí la importancia del -- trabajo.

El tiempo de evaluación fué de un año, y para cuantificar la erosión hídrica, se realizó con el método lotes de escurrimiento, que tiene como finalidad investigar el grado erosivo, así como los factores que intervienen en este proceso.

II OBJETIVOS Y SUPUESTOS

Objetivo general

El presente trabajo se realizó para evaluar la erosión hídrica en suelos regosoles, así como los factores que intervienen en ella en el Valle de Zapopan.

Objetivos particulares

- 1.- Conocer el comportamiento de la erodabilidad del suelo en relación a tiempo.
- 2.- Determinar los riesgos de error, en el método lotes de escurrimiento.
- 3.- Determinar el efecto de la lluvia, en la composición mecánica del suelo, con el proceso erosivo.

Supuestos

- 1.- Cuando se toman escurrimientos de 12.5 mm de lámina o mayor, se considera como adecuado, para determinar el grado de precisión en los muestreos de sedimentos para este método.



**ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA**

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades

Siempre ha existido erosión y siempre existirá. La superficie de la tierra es modelada por los procesos exogénicos y endogénicos. Los primeros tienden a nivelar mientras que los segundos tratan de formar un nuevo relieve (8). Dentro de los principales agentes de la erosión está el agua y el viento.

La primera fase del proceso erosivo es originada por las gotas de lluvia, estas al chocar violentamente contra la superficie desnuda, deshecan los agregados en partículas más pequeñas que salpican y las desplazan con facilidad. La disgregación es severa, a medida que aumenta el tamaño de las gotas y la intensidad.

Cuando el suelo se ha saturado, se forma una lámina de agua y a medida que aumenta esta en la parte superior del perfil disminuye la agregación (3).

3.2 Erosión

3.2.1 Definiciones

Actualmente es considerada uno de los problemas más críticos a los que se enfrenta el hombre, aunque en civilizaciones anteriores la manifestación de este fenómeno ha sido la causa de la caída de muchos imperios florecientes (8).

El manejo y conservación de los suelos es una disciplina muy reciente, no obstante existen evidencias de civilizaciones A.C. que construyeron obras hidráulicas para este fin.

La erosión se puede definir de la siguiente manera:

- Es un proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las parti

culas causadas por el agua y el viento. Intervienen por lo tanto - en el fenómeno: un objeto pasivo, que es el suelo colocado en determinadas condiciones de pendiente, dos agentes activos, el agua y el viento y un intermediario, la vegetación que regula sus relaciones (9).

- Es la remoción y pérdida del suelo de su lugar de origen y es ocasionado por la acción del agua y el viento (12).

3.2.2 Tipos de erosión

Se reconocen dos, la erosión geológica y la inducida.

3.2.3 Causas de la erosión hídrica

Los factores que la determinan son: la intensidad y duración de la tormenta, la distribución y tamaño de las partículas del suelo y las propiedades relacionadas con este, como son: textura y la estructura así como la forma de la pendiente.

La destrucción de la cubierta vegetal, es una de las causas más importantes de aceleración en el proceso erosivo (12).

3.2.4 Erosión eólica

La erosión producida por el viento es especialmente importante en zonas semiáridas, áridas y desérticas. Las tormentas de arena han constituido siempre un peligro para los habitantes de los desiertos (12).

3.2.5 Efectos de la erosión

Hasta fechas relativamente recientes, cuando el hombre empezó a tomar conciencia del problema erosivo, dió principio en consecuencia a la investigación relativa de este fenómeno (8).

A este problema es conveniente establecer una planeación eficiente - que nos permita determinar la causa y el efecto de este proceso y los fac

tores que la aceleran, de tal forma que ayude a localizar áreas en diferentes riesgos de erosión y así poder planear alternativas, para poder re solverlo.

Las pérdidas de sedimentos por erosión de acuerdo a Davis (1913). Son del orden de 870 millones de toneladas de material en suspensión que son llevados anualmente al océano por los ríos de los EUA (1). Muchos más quedan depositados en el transcurso del camino.

Bennet (1939), estimó que 63 millones de toneladas de nutrientes vegetales son arrebatados anualmente de los campos cultivados y pastos de las fincas de los EUA (1).

Valoraciones posteriores indican, que mas de 20 millones de hectáreas de tierra de cultivo han sido más o menos arruinados y otros 20 millones reducidos a un estado precario de productividad, mientras las pérdidas han progresado sobre otros 80 millones de hectáreas (1).

Encontrándose que las gotas de lluvia hacen mayor impacto en superficies desnudas. Las pendientes rara vez están desprovistas de vegetación a menos que la tierra sea labrada, estas al estar desnudas y laboreadas son más susceptibles a la erosión hídrica y se pueden perder grandes cantidades de material con una tormenta o durante la estación lluviosa.

Morgan (1977), en el Reino Unido de la Gran Bretaña, donde la pérdida de suelo no se considera un problema hay pérdida de 3 ton/ha, en una tormenta y 8 ton/ha, se pierden en 5 precipitaciones (6).

El efecto de la productividad del terreno mismo, su evaluación es difícil, ya que varía de sitio en sitio y debido a que está en función del tipo y profundidad del mismo, así como las condiciones climáticas. Sin embargo si son arrastrados 50.8 mm. de lámina de suelo, hay pérdidas de este de 635 ton/ha, reduciendo la productividad hasta un 15% y donde se pierden 3800 ton/ha, hay una reducción hasta del 75% (11).

También involucra acarreo de nutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio entre otros, además que reduce la fertilidad, lo cual afecta a la

economía. En general se ha estimado que en condiciones medias, donde hay erosión de 25 ton/ha/año, se pueden perder de 25, 37 y 25 kg/ha/año de N, P y K (11).

Martínez Menez (1981), analizando datos de pérdida de suelo encontró en la región del altiplano chiapaneco (Las Ollas Chiapas), que la pérdida de materia orgánica en una zona recientemente desmontada variaba de acuerdo al uso de la tierra y era del orden de 0.17 a 2 ton/ha/año de M.O. removida del terreno (11).

3.2.6 Control de la erosión

Esta se puede controlar mediante diferentes técnicas; en unos casos se utiliza la vegetación y en otros se emplean medios técnicos o ambos a la vez. Los cultivos perennes proporcionan mayor protección que los anuales, desde el punto de vista, que estos dejan un tiempo el terreno descubierto.

Los escurrimientos y erosión provenientes de buenos pastizales o bosques son pequeños a menudo representan del 5 y del 1% de las pérdidas de una superficie desnuda (6).

Los escurrimientos son bajos debido a las tasas de infiltración del agua a través de las superficies cubiertas de vegetación, son altas en comparación a las desprovistas, ya que en los que están cubiertos tienen una mejor estructura y los agregados son más estables (6).

En Rhodesia se utilizaron varias pendientes de 1 a 10%, con el objetivo de evaluar las pérdidas de suelo, con adiciones de rastrojo de 2, 4, 6 ton/ha, y cero labranza, encontrando que la erosión se redujo de 0.61 a 10 ton/ha/año y de 0.8 a 50 ton/ha/año en terrenos de cero labranza (11).

3.2.7 Métodos de reconocimiento de la erosión

La resistencia que ejerce el suelo a la acción erosiva del agua, está determinada por diversas características o propiedades físicas y químicas del mismo, a continuación se mencionarán los métodos directos e indi-

rectos o paramétricos.



3.2.7.1 Métodos directos

3.2.7.1.1 Medición de pedestales

**ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA**

Uno de los métodos de reconocimiento de la erosión, consiste en la medición directa de los pedestales formados naturalmente bajo piedras, -- troncos, raíces, etc., la altura del pedestal indica el espesor de la capa del suelo perdido (12).

3.2.7.1.2 Marcaje de piedras

Este método consiste en marcar con pintura blanca líneas alrededor de algunas piedras grandes y fijas, señalando con ellas, el nivel de la superficie del suelo. La medición periódica de la distancia del nivel de referencia a la superficie, dará una idea de las pérdidas de suelo ocurridas a través del tiempo (12).

3.2.7.1.3 Clavos y rondanas

En este método se utilizan clavos mayores de 20 cm de largo y rondanas con libertad de movimiento. Se colocan en áreas representativas de manera que la rondana descansa sobre la superficie del suelo y la cabeza -- del clavo la toque ligeramente. Las rondanas permiten registrar los cambios ocurridos en el área, tanto pérdidas como ganancias de suelo (12).

3.2.7.1.4 Lotes de observación

Esta es una de las herramientas que ha dado mejores resultados a nivel mundial, para cuantificar la erosión hídrica y los escurrimientos, debido a que ellos representan una alternativa complementaria al uso de cuencas pequeñas localizadas en diferentes sistemas de producción y condiciones variables de suelo y clima (10). Es decir es un método que puede ser usado experimentalmente.

Como los lotes de escurrimiento cubren áreas pequeñas, son fáciles de-

controlar y los resultados obtenidos pueden ser aplicados en cualquier -- parte de la fisiografía, donde el uso de la tierra y las condiciones de -- cobertura superficial sean similares (10).

Para su instalación se deben tener en cuenta tres puntos básicos:

- 1.- La superficie y forma del área experimental deben ser tales que esta pueda ser considerada representativa del medio natural, independientemente de la práctica o método cultural empleado (7).
- 2.- La superficie puede ser relativamente pequeña a fin de que las cantidades de agua y materiales arrastrados por el efecto erosivo sean fácilmente medibles (7).
- 3.- El depósito receptor debe ser de dimensiones tales que pueda -- contener la cantidad de lluvia cargada de sedimentos arrastrados por el efecto del escurrimiento más intenso que puede ocurrir bajo las condiciones climáticas locales (7).

Una vez que se ha seleccionado el lugar, el tipo de suelo y los objetivos, se instalan los lotes (10). Este sitio deberá de contar con los siguientes requisitos:

- a).- Seguridad de la tenencia de la tierra.
- b).- Suficiente terreno para su instalación.
- c).- Facilidad de vivienda cerca del experimento, o tener vehículo para su supervisión constante.
- d).- Es conveniente contar con un sistema de abastecimiento de agua para su mantenimiento.
- e).- Construir zanjas para interceptar la escorrentía, alrededor -- del área experimental.

3.2.7.2 Modelos paramétricos

Dentro de este modelo que combina el efecto de diversos factores que intervienen en la erosión, ésta es la llamada "ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO", en ella se incorporan observaciones y resultados experimentales logrados en más de veinte años y tienen valor como aproximación a la predicción de erosión que ocurre bajo determinadas condiciones.

Su uso sin embargo, debe ser cuidadoso buscando más bien a través de él, ampliar las bases para valorar preliminarmente situaciones generales (2).

La ecuación se expresa de la siguiente manera:

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

Donde:

A = Es la pérdida de suelo en toneladas por unidad de superficie.

R = Es el índice de erosividad de la lluvia.

K = Es el factor de erodabilidad del suelo.

L = Es el factor de longitud de la pendiente.

S = Es el factor de inclinación de la pendiente.

C = Es el factor de manejo de cultivos y cobertura.

P = Es el factor de prácticas de conservación.

Es importante mencionar que es uno de los métodos paramétricos para predecir la pérdida de suelo total multiplicando los seis factores y en tales condiciones una reducción del 50% en cualquiera de los mismos, significa una reducción del 50%, una disminución del 50% en dos factores representan una baja del 75% del sustrato (5).

3.2.7.2.1 Factor R Erosividad de la lluvia

La lluvia es un proceso natural que no es posible regular o controlar directamente, pero indirectamente la vegetación puede amortiguar a la energía cinética con la que caen las gotas de lluvia, que desprenden así las partículas finas y son arrastradas por la escorrentía.

3.2.7.2.2 Factor K Erodabilidad del suelo

Es la facilidad o dificultad que presenta el suelo a ser erosionado, dependen de su estructura, textura, contenido de materia orgánica, permeabilidad, de estos factores el que puede ser manejado es el contenido de materia orgánica, puesto que mejora las condiciones del suelo y ayuda a la retención del mismo.

3.2.7.2.3 Factor L Longitud de la pendiente

Es también importante ya que al saturarse de humedad el sustrato, el agua de escurrimiento se acumula a todo lo largo de la misma, aumentando su volumen y velocidad y con ellos sus daños.

3.2.7.2.4 Factor S Grado de la pendiente

La erosión por el agua no es muy problemática en terrenos planos. Tan solo cuando la topografía es accidentada, las pérdidas de suelo comienzan a adquirir importancia. El tamaño y la cantidad de material que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión depende de la velocidad con que esta fluye, la cual a su vez es resultante de la longitud y el grado de pendiente del terreno.

3.2.7.2.5 Factor C Manejo de cultivo y cobertura

Factor cultivo-explotación: relación entre la pérdida de suelo de un terreno sometido a determinados cultivos, probablemente este es el factor que en mayor grado favorece el progreso de la erosión; porque desafortunadamente una gran mayoría de campesinos y agricultores aplican técnicas y usos inadecuadas, originando que el mayor porcentaje de esos suelos se en

cuentren gravemente dañados.

3.2.7.2.6 Factor P Control de la erosión

Es la proporción de pérdida de suelo de un terreno ó surcado al contorno, cultivos en fajas ó terrazas, en relación a otros con surcos angostos trazados en el sentido de la pendiente.

3.3 Antecedentes sobre investigación en conservación de suelos en el mundo

Las primeras investigaciones científicas sobre erosión fueron desarrolladas por el alemán Wolny entre 1877 y 1895 mediante pequeños lotes para medir la erosión por el efecto de la lluvia bajo diferentes tipos de vegetación y residuos de cosecha. Fuera de este trabajo, el desarrollo de la investigación de conservación de suelos se desarrolló principalmente en EUA donde en 1907, a través de su departamento de agricultura (USDA), declara una política oficial de protección a la tierra (13).

Los primeros intentos hechos en los EUA para medir la escorrentía y la erosión mediante parcelas de observación, datan de 1915 y se establecieron con el propósito de evaluar el deterioro del suelo por el proceso de la erosión (13). En 1930 el USDA estableció las primeras 10 estaciones de investigación para estudiar el fenómeno de la erosión y los factores que la producen.

Con la información obtenida, Smith (1941), Browing, et al (1947) y Musgrave (1947) intentaron sistematizar el cálculo de las pérdidas de suelo mediante el análisis de los factores causantes, incluyendo en cada avance, la concurrencia de más factores o afinando las a medida que se incrementaba el conocimiento de estos a través del estudio ordenado.

Al proliferar el número de estaciones y los trabajos de investigación sobre esta problemática, en 1952 se estableció en la Universidad de Purdue el centro de información sobre escorrentía y pérdidas de suelo del servicio de investigación agrícola (ARS) del USDA. Todos los experimentos establecidos en los EUA son resumidos y analizados en este centro, sin du

da el principal logro de ese esfuerzo es la "ECUACION UNIVERSAL" para estimar pérdidas de suelo desarrollada por Wischmeier y Smith.

3.4 Antecedentes sobre conservación de suelos en México

Las primeras evidencias sobre la necesidad de conservar el suelo y el agua en México, se manifestaron con los estudios de suelos hechos por la Comisión Nacional de Irrigación. En 1939 ante dicha Comisión, el Ing. Lorenzo Patiño N. presentó el primer informe sobre la reducción de la erosión para terrenos bajo cultivo en ladera, mismo que presentó en el VI Congreso Científico del Pacífico celebrado en Berkeley, Calif. EUA.

En 1941 en la primera convención nacional forestal, el citado Ingeniero presentó la ponencia "La Conservación de los Suelos en México", que fue premiada y motivó que por acuerdo presidencial, el 25 de marzo de 1942, se crea el Departamento de Conservación del Suelo dentro de la Dirección de Agrología de la Comisión Nacional de Irrigación.

En 1943 se establecieron los primeros distritos de conservación en Arroyo Zarco, México y en Malintzin, Tlaxcala, los cuales se utilizaron para adiestramiento en la técnica de conservación del suelo a todo el personal con el que se inició este servicio.

En 1944 se crearon nueve distritos más en los estados de Jalisco, Michoacán, México, Hidalgo y Puebla.

En 1945 se formuló el proyecto de la conservación del suelo y el agua con la finalidad de fomentar, proteger y reglamentar la conservación de estos recursos para la agricultura nacional, misma que fue publicada en el diario oficial en marzo de 1946. En acato a la misma ley, el Departamento del Suelo pasó a ser Dirección dentro de la Comisión Nacional de Irrigación.

El primero de enero de 1947 de acuerdo con la nueva ley de Secretaría de Estado, pasó a depender de la Secretaría de Agricultura y Ganade-

ría (13).

Desde su creación, la Dirección de Conservación del Suelo y el Agua, ha creado 24 delegaciones en diferentes entidades del país, dando preferencia a la atención de las zonas de agricultura de subsistencia en condiciones de temporal (13).

Desafortunadamente, la labor de la citada dirección y muchas otras que han nacido en diferentes dependencias con similares objetivos, han carecido de investigación de apoyo. Esta situación ha propiciado una diversidad de criterios de acción y ha dificultado presentar un frente común al avance de la erosión.

En base a lo anterior, por iniciativa de la Secretaría de Agricultura y Ganadería y con la coordinación del Colegio de Postgraduados de Chapingo, Méx., se elaboró el manual de conservación del suelo y del agua, y conjuntamente se inició la investigación formal sobre estos aspectos.

3.5 Antecedentes sobre investigación en conservación de suelos en México

En 1974 se inició de hecho la investigación formal sobre la conservación de suelos en México, al seleccionarse la cuenca hidrográfica del Río Texcoco con fines de estudio (13).

La ventaja que se le observó a ésta cuenca es que incluye amplia diversidad de ecosistemas, gran variedad en el uso del suelo y por su localización geográfica, es representativa de los principales problemas sociales del país.

El primer estudio que se estableció en la Cuenca del Río Texcoco tuvo como objetivos evaluar las pérdidas de suelo y nutrimentos en relación con el uso del suelo y explicar el fenómeno de la erosión con base en las causas que la propician en los diferentes ecosistemas de la cuenca. En los resultados preliminares de este trabajo, se observó que las mayores pérdidas de suelo corresponden a las zonas altamente degradadas y de cultivo, y que éstas pérdidas disminuyen conforme la alteración de-

los ecosistemas naturales (13).

Con base en los resultados naturales anteriores, se iniciaron estudios de observación para el manejo de las zonas altamente degradadas y - su reincorporación a la productividad mediante plantaciones de nopal y - pastizales principalmente.

En las áreas agrícolas, se establecieron experimentos sobre prácticas de labranza y manejo de residuos orgánicos en diferentes cultivos y - se inició la evaluación de suelos y algunos tipos de secciones transversales de terrazas (13).

Como se puede observar al comparar el desarrollo de nuestra investigación con el resto del mundo, en México se está experimentando con los factores atenuantes de la erosión, mientras que los causantes de ella se manejan en segundo término considerando básicamente las experiencias generadas en otros países.

La razón de este procedimiento es precisamente la necesidad de información sobre la bondad de diferentes prácticas mecánicas y vegetativas de conservación del suelo y del agua. Para el estudio de los factores responsables de la erosión a nivel nacional, se requiere de la proliferación de cuencas de estudio como la del Río Texcoco y consistencia en la información meteorológica de apoyo.

3.6 Diagnóstico sobre el estado actual de la erosión en México

En 1982, a tres años de haberse iniciado el inventario nacional de erosión, se tienen cartografiados a una escala 1:250 000, 17 estados del país que hacen un total de 104 157 700 hectáreas, que constituyen el - - 52.94% del total del territorio nacional. Entre los estados cartografiados se encuentran algunos fuertemente afectados por el proceso de erosión como: Tlaxcala, Sonora, Durango, Chihuahua y San Luis Potosí (50% del territorio estatal con erosión moderada a muy severa); otras moderadamente afectadas como: Nayarit, Morelos, Guanajuato y Guerrero (entre - 10-50%) y estados donde el proceso erosivo es poco dominante, como suce-

de en Veracruz y Chiapas (10%). Como se puede observar, se han mapeado - estados de la zona tropical, del altiplano y áreas semi-desérticas y de- sérticas, por lo que se tiene toda la gama de condiciones imperante en - el país, de tal suerte que la muestra se considera representativa del -- 50% (11).

Con base a lo cartografiado, se puede hacer una extrapolación al -- resto del país, y afirmar que se estiman aproximadamente 130 millones de hectáreas afectadas con algún grado de erosión, de las cuales 55.7 millo- nes presentan un proceso leve; 66.9 millones es moderada; 13.1 millones- de hectáreas son severas. Esto es, el 70% del territorio nacional mues- tra algún grado de erosión (11).



**ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA**

IV MATERIALES Y METODOS

Generalidades

Situación geográfica de Zapopan

El municipio de Zapopan se encuentra ubicado en la región central del Estado de Jalisco y cuenta con una extensión de 89 315 hectáreas.

Su situación geográfica es de 20°35' y 20°58' latitud norte, - - - 103°20' y 103°39' longitud oeste.

La estación experimental está establecida en la Facultad de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, en la latitud norte 20°57', y en la longitud oeste 103°30'37".

Clima

Según la clasificación de Thornthwaite, el clima característico es:

PD Semihúmedo.

HC Con moderada deficiencia de agua invernal.

TB Semicálido.

VA Con baja concentración térmica en el verano.

La precipitación anual es de 980 mm; temperatura media anual de - - 20.6°C.

Geología

Está constituido principalmente por rocas extrusivas ácidas, tales como la pomez, toba, riolita, basalto, obsidiana, siendo la pomez la que cubre la mayoría del municipio.

Suelo

El suelo de acuerdo a la clasificación FAO/UNESCO es un Regosol eutrítico, con textura media, mayor de 30 cm de profundidad, el material el cual se derivan estos suelos, tuvo origen en las emisiones del volcán Nejahuete, por lo que presenta en su constitución: pequeños fragmentos de cenizas, del tamaño de una nuez (Lapilli), y arenas volcánicas, estas se consolidan para formar tobas.

Hidrografía

El municipio cuenta con diez arroyos y varios ríos, siendo de importancia el río grande de Santiago y dos que se localizan en el bosque la primavera, siendo el río caliente y el salado.

Materiales

Los materiales que se utilizaron, tanto en el lote de escurrimiento, como en el laboratorio son:

Lote: de tabique con canaleta de lámina y tinaco de recepción.

- Tomador de muestra, (Fig. 1).
- Agitador de madera, (Fig. 1).
- Pluviómetro.
- Pluviógrafo.

De laboratorio:

- Vasos de precipitado de 1000 ml
- Probetas de 1000 ml
- Mechero de bunzen
- Agitador mecánico
- Vasos para determinar humedad
- Estufa
- Agitador de vidrio
- Piceta
- Termómetro
- Hidrómetro
- Tamiz de 2 mm y de 0.1 mm

Para la determinación de materia orgánica se utilizó el método Walkley-Black.

Para el tamaño de partículas. El método del Hidrómetro y separación de tamices.

Para la estructura del suelo se determinó cualitativamente por observación directa.

Para la permeabilidad se utilizó el método indirecto, tomando en - -

cuenta las determinaciones físicas evaluadas.

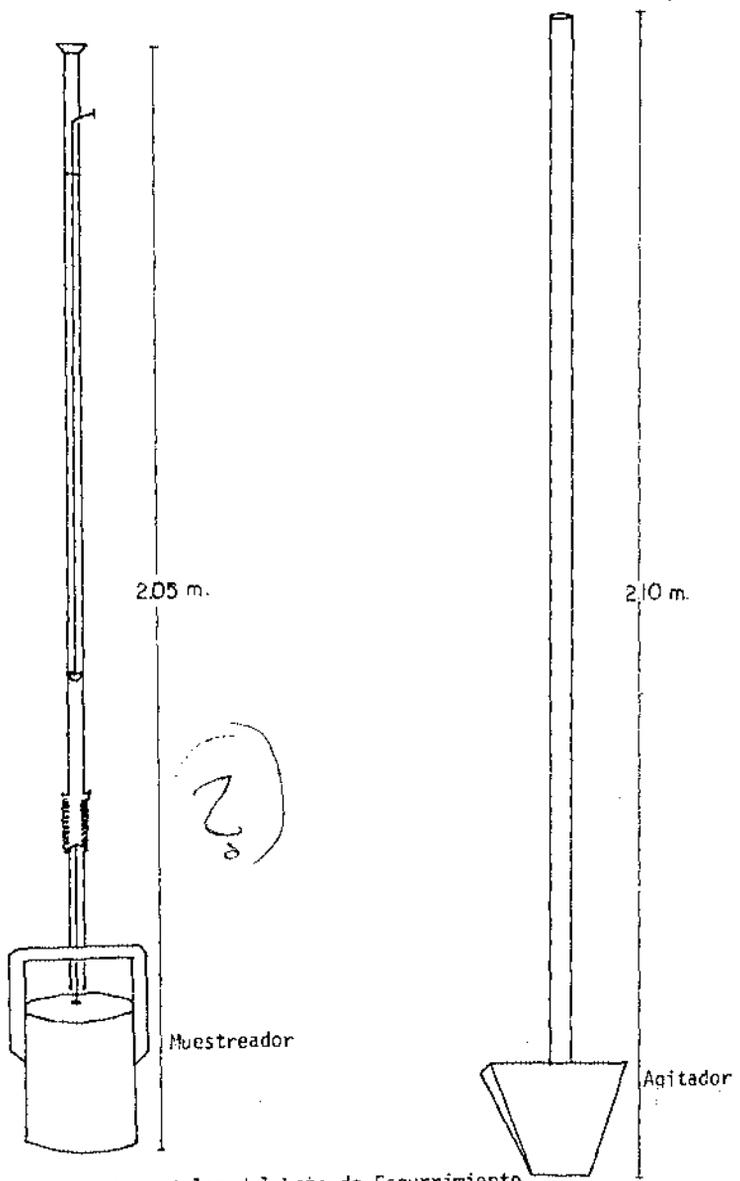


Figura 1. Materiales del Lote de Ecurrimiento.

Metodología

Construcción del lote

Las características del suelo son Regosoles eutrícos (Clasificación-FAO/UNESCO), son predominantes del Estado de Jalisco, su origen son rocas extrusivas ácidas. El material parental más predominante son tobas, pomez y riolita.

El lote de escurrimiento tiene una dimensión de 4x10 m. Con una pendiente uniforme del 3%, contiene un colector, conductor, así como un depósito para la acumulación del volumen escurrido, con capacidad de 1 100 lts. (Fig. 2).

Después de cada evento ocurrido, se tomó el volumen escurrido, posteriormente mediante un agitador remover el agua del tinaco y antes de que se sedimentaran las partículas, introducir el tomador de muestra hasta el fondo; se saca y se pasa a un recipiente de plástico de un litro.

Posteriormente, el recipiente con la muestra se deja en reposo, el tiempo necesario para que las partículas se asienten, una vez sedimentadas, se tira el agua quedando solo el suelo, este se pasa a un vaso de vidrio y finalmente se lleva a la estufa.

Una vez seco el suelo, se pesa, y el peso obtenido en un litro de la muestra, se multiplica por el volumen total escurrido, obteniendo grs/lote, multiplicando por 250 para llevar a una hectárea.

El peso total del sedimento erosionado, es la suma de cada uno de los eventos ocurridos en el lote de escurrimiento/año.

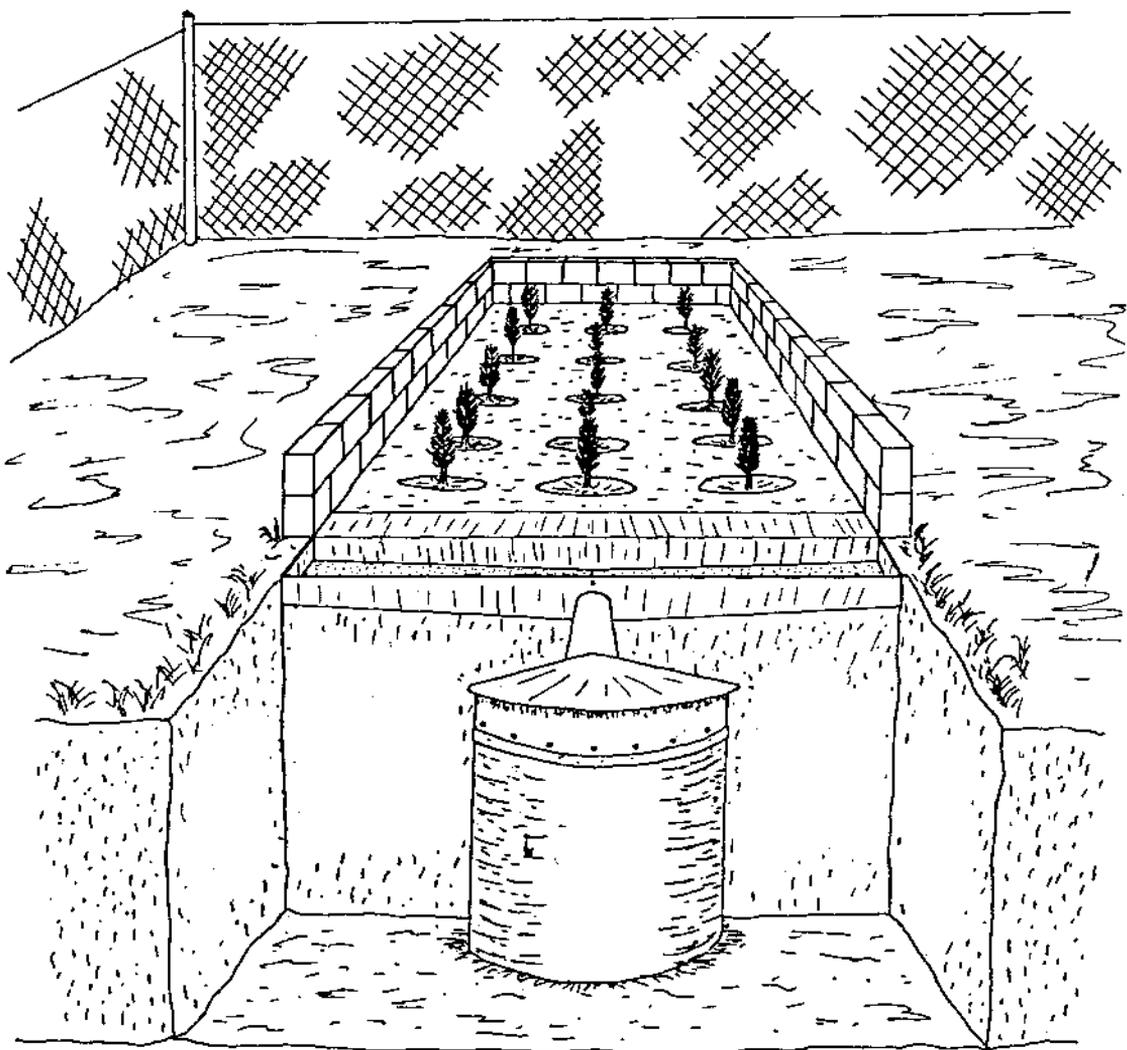


Figura 2. Lote de escorrentía

Cálculo de la erodabilidad del suelo

Para obtener el valor de K antes y después del período de lluvias, se realizó un análisis mecánico en el laboratorio donde se utilizó la ecuación:

$$100 K = 2.1 M^{1.14} (10^{-4}) (12-a) + 3.25(b-2) + 2.5(c-3) \times 1.292$$

Donde:

M = (% limos + % AF) (100-%R).

a = % de materia orgánica.

b = Estructura del suelo.

c = Permeabilidad del suelo.

Comportamiento del factor K

Para observar el comportamiento de K, en cada uno de los eventos -- presentados en el período de lluvias, se utilizó el despeje de la ecuación universal de pérdida de suelo.

$$K = \frac{A}{R L S C P}$$

Donde:

A = Pérdida de suelo por unidad de área (ton/ha/año).

R = Factor de erosividad de la lluvia, $MJmm \text{ ha}^{-1} h^{-1} \text{ año}$.

K = Factor de erodabilidad.

L = Longitud de la pendiente.

S = Inclínación de la pendiente.

C = Manejo de cultivo.

P = Prácticas de manejo de los cultivos.

V RESULTADOS Y DISCUSIONES

De acuerdo con el resultado obtenido en el lote de escurrentifa, la pérdida de suelo fue de 20 ton/ha/año, sin cobertura vegetal, con una precipitación pluvial total a partir de junio; de 537.95 mm para el año de 1985.

Se realizaron los cálculos del factor K, antes y después del período de lluvias, los resultados obtenidos para el primero fue de 0.577, para el segundo se obtuvo de 0.688, teniendo un aumento del 19.04%.

También se realizaron observaciones del factor K, en el transcurso temporal de lluvias, cuando los eventos ocurridos acumulaban escurrimientos igual o mayor a los 12.5 mm de lámina, los cuales se obtuvieron resultados de 0.407 a 0.775, la frecuencia de estos eventos fueron 13.

Para saber el comportamiento de la erodabilidad, en cada una de las precipitaciones presentadas, se realizó en base al despeje de la ecuación universal de pérdida de suelo, cuyos rangos fluctuó entre, menor de 0.1 a 0.678.

La precipitación pluvial máxima en 24 hrs para el año de 1985, fue de 20.2 mm y la media para este mismo año fue de 14.15 mm.

Los cálculos del factor K, antes y después del periodo de lluvias -- se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Erodabilidad antes y después de lluvias con sus respectivos - valores de % de materia orgánica, % Ag, % Af, %L, %R. en El - Valle de Zapopan.

Epoca	K	%M.O.	%Ag	%Af	%L	%R
Antes de la lluvia	0.557	0.67	27.99	36.02	20	15.99
Después de la lluvia	0.688	0.37	21.11	38.89	26.8	13.2

Como se puede observar en el Cuadro 1, el factor K, antes del periodo de lluvias es menor, aumentando después del término del temporal, donde hubo un aumento de la erodabilidad del 19.04%, debido a que el suelo - presenta una textura migajón arenoso, con un bajo contenido de materia orgánica, así como de arcilla, tanto al principio como al final, y debido a las características que presenta, no hay suficiente resistencia al impacto de las gotas de lluvia y por lo tanto es erosionable.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

- Observaciones de K y R, en los eventos de mayor magnitud en el -
período de lluvias.

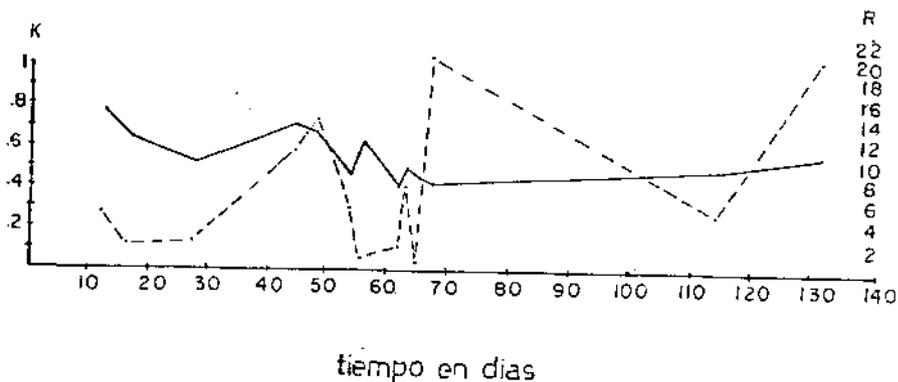


Figura 3. Variaciones del factor K y R, en los eventos ocurridos cuando -
los escurrimientos eran igual o mayor de los 12.5 mm de lámina-
en El Valle de Zapopan.

La presentación de la Figura 3, nos muestra la agresividad que ejerce el agua sobre el suelo, como se puede apreciar, hay variaciones en ambos factores, donde la erosividad más baja presentada es de $0.714 \text{ JH mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}$, - la erodabilidad de 0.456, con una lluvia de 9.9 mm.

La R más alta fue de $20.76 \text{ JH mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}$, con una K de 0.570, y una precipitación de 20.1 mm.

No obstante esto, en tormentas de 10.5 mm, se encuentra un valor de erodabilidad de 0.775, y con una agresividad por la lluvia de $5.41 \text{ JM mm-ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ año, estas variabilidades que presentan tanto un factor, como -- otro, son debido a los intervalos que se presentan en estas precipitaciones pluviales de tales magnitudes, las condiciones del suelo, intensidad y duración de la lluvia, la escurrentía, volumene acumulado y la cantidad de sedimentos captados.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

- Comportamiento de la erodabilidad en toda la época de lluvias.

El comportamiento de K, con respecto al tiempo en épocas de lluvias, se cuantificó utilizando el despeje de la ecuación universal de pérdida de suelo.

Es importante observar como se comporta este factor, como se muestra a continuación.

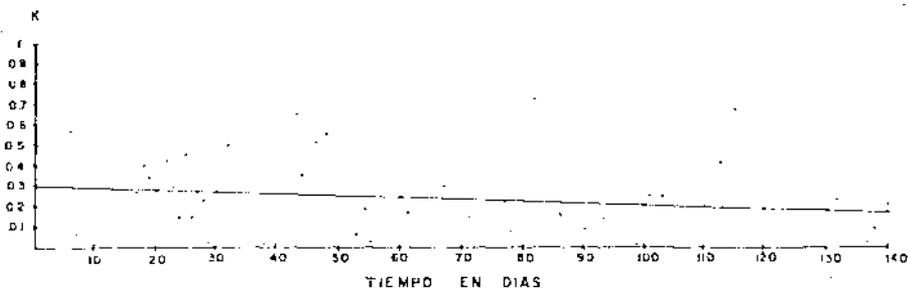


Figura 4. Comportamiento de la erodabilidad en tiempo de lluvias - en El Valle de Zapopan.

En los puntos de la Figura 4, el comportamiento de la erodabilidad del suelo, hay una gran variación en cada uno de los eventos presentados durante el período de lluvias de 1985, esto se debe a las características que presenta el suelo tales como: encostramiento, sellado, humedad inicial, humedecimiento y secado, materia orgánica, agregados del suelo, distribución y tamaño de las partículas, reacciones fco-químico.

La función de respuesta que se presenta, se realizó mediante la extrapolación con el tiempo, realizando el ajuste con una Ecuación de Regresión lineal de la siguiente manera:

$$Y = Ax + B$$

$$Y = (-0.000916169443x + 0.30236552)$$

$$r = 0.193174647$$

Donde:

Y = k (erodabilidad).

X = Tiempo en días.

Para llegar a una conclusión, se realizó un ANVA, para la regresión.

Cuadro 2. ANVA de la relación de erodabilidad y tiempo

Fuentes de variación	G.L	S.C	C.M.	F calculada	f 0.1	f 0.5
Regresión	1	0.0314121	0.0314121	0.8739907	7.56	4.17
Error	37	1.3298196	0.035941			
Total	38	1.3612316				

En base a los resultados obtenidos en este estudio, como la $F_c < F_t$, por lo tanto se concluye que los valores de k no dependen del tiempo.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

En el Cuadro 3, se muestran las frecuencias encontradas, de los intervalos de la erodabilidad, de cada evento, utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo.

Cuadro 3. Frecuencia de los intervalos del factor K.

	Intervalos	Frecuencias
Menor de	0.100	11
0.100 -	0.200	6
0.200 -	0.300	10
0.300 -	0.400	3
0.400 -	0.500	3
0.500 -	0.600	4
Mayor de	0.600	2

Observese las frecuencias de los intervalos del factor K obtenidos - en el Cuadro 3, los más representativos son menor de 0.100, de 0.200 - - 0.300.

Las variaciones de la erodabilidad, nos muestran que no es constante si no que influyen características del suelo, así como el agua, al momento que se presenta el fenómeno.

- Grado de asociación entre la erosividad y el diámetro de las partículas, en los sedimentos erosionados, en los eventos de mayor magnitud.

Cuadro 4. Regresiones y correlaciones de R, con respecto al suelo perdido por erosión en el Valle de Zapopan.

Factor	r	ec. Regresión	Tipo
AG	0.197120630	$Y = -6.6144075(\log.x) + 33.409264$	Logarítmica
Af	0.419820807	$Y = (1.5522096x)(0.05617255732)^2$	Geométrica
B	0.157831038	$Y = (-0.0000288219379x)^2 + 24.3990112$	Cuarta exponencial
R	0.252086001	$Y = 0.0691679429 [(10)(-0.13127664)^2x]$	Exponencial

De acuerdo a los resultados obtenidos el coeficiente de correlación señala que el mayor grado de asociación de las variables en estudio se en contró la relación, arenas finas y erosividad.

Por lo tanto se puede decir, que las arenas finas son más frágiles a la agresividad de la lluvia, que los demás factores, debido a que se en cuentran en mayor cantidad en el sustrato, siendo en menor escala los limos, mismos que están influenciados por lo limitado de estas partículas en el suelo.

Grado de error entre el peso real del suelo y la toma de muestreos - en un litro.

Debido a que no hay una metodología establecida para toma de la muestra, se fabricó un instrumento cilíndrico de metal para este fin. (Figura 1).

Tomando en consideración, que el peso real del suelo y la toma de muestra en un litro varía uno, con respecto al otro, se buscó la relación entre estas dos variables, el cual resultó una correlación geométrica de 0.892010708, lo cual nos indica que hay un 11% de error, y un 89% de asociación entre estas variables, por lo tanto se puede confiar en los resultados obtenidos, mediante el método utilizado para esta operación.

Habiendo aplicado el modelo matemático más adecuado, se encontró la siguiente ecuación de regresión geométrica que asocia el dato de muestreo (x) con el peso real erosionado (y).

$$Y = B \times A^2$$

$$Y = (-0.00677212656x)(0.904520455)^2$$



ESCUELA DE AGRICULTURA

BIBLIOTECA

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. La pérdida de suelo, con el método de lotes de escorrentía, en condiciones de 3% de pendiente, sin cobertura vegetal, fue de 20.00 ton/ha/año, para 1985.
2. La resistencia que opuso el suelo, al término de la época de lluvias fue del 19.04%.
3. En las observaciones de los factores K y R, la erosividad más baja fue de $0.704 \text{ JM mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}$, con una erodabilidad de 0.456 con una lluvia de 9.9 mm, la agresividad más alta fue de $20.76 \text{ JM mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}$, y una erodabilidad de 0.570 con una precipitación de 20.1 mm.
4. Para el comportamiento de R, con respecto al tiempo se cuantificó utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo. Teniendo una gran variabilidad de este factor. Para la recta correspondiente una ec. de regresión lineal:

$$Y = -0.000916169443 x + 0.30236552$$
 Donde:
 Y = K (erodabilidad)
 X = Tiempo en días
 - En el ANVA se concluye que K no depende del tiempo.
5. Las frecuencias de los intervalos de la erodabilidad, los más representativos son menor de 0.100 y de 0.200, 0.300.
6. El grado de asociación entre la erosividad y el suelo erosionado en los eventos de mayor magnitud, la que tuvo una mayor correlación fue las arenas finas del 41% y en menor escala los limos del

15%.

7. El grado de error del peso real del suelo, con los muestreos realizados, es del 11% encontrando una Ec. Geométrica:

$$Y = (-0.00677212656x)(0.904520455)^2$$

Donde:

Y = Toma de muestreos.

X = Peso real del suelo.

SUGERENCIA

Debido a que la erosión hídrica es un fenómeno complejo, donde intervienen varios factores, se sugiere que se realicen estudios de esta naturaleza en diferentes regiones del país, para observar el comportamiento de este proceso, y así tener un margen más amplio de la dinámica de estos factores.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

VII BIBLIOGRAFIA

1. Buckman, H. O. y Brady, N. C. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. México. P. 235, 236.
2. Días Maldonado, E. R. A. 1983. La erosión hídrica en el bosque de la primavera, jalisco. Efecto de la cubierta vegetal y la lluvia. Tesis. Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara. México. p. 13.
3. Fuentes Yague, J. L. 1983. El suelo y los fertilizantes, ministerio de agricultura, pesca y alimentación, Madrid. p. 169, 170.
4. García Hernández, F. J. 1983. Proyecto de conservación de suelos de la depresión de los cerros del colli-tepopote en zapopan, jal. Tesis Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara. México. p. 14.
5. Gómez Martínez, J. F. 1983. Pérdida de suelo por erosión hídrica en la zona forestal la primavera, jalisco. Tesis Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara. México p. 20.
6. Kirby Morgan. 1984. Erosión de suelos, edit. limusa. México. p. 15, 142, 236.
7. Ortiz Villanueva B. 1982. Estudio experimental sobre la conservación del suelo, la erosión y el escurrimiento. Departamento de suelos. UACh. México. p. 3.
8. Saavedra Palomares, J. A. 1985. Erosión en tierras abiertas al cultivo en la Concepción, Municipio de la Huerta Jalisco. Tesis. facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara. México. p. 5, 7.
9. Sánchez Bernal, B. 1983. Las terrazas y el desarrollo regional en un distrito agropecuario y de temporal. Tesis. Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara. México. p. 14, 16.
10. S.A.R.H. 1983. Instructivo para establecimiento de lotes de escurrimiento. Dirección general de conservación del suelo y agua. México. p. 11, 14.

11. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 1983. Perspectivas Técnicas sobre la Conservación y Productividad de los Suelos en México, - Tierra No. 1. México p. 12, 24, 25, 28.
12. Torres Ruíz Edmundo. 1981. Manual de Conservación de Suelos Agrícolas. Diana. México. p. 45, 46, 47, 51, 52.
13. Zarora Mansalvo Nahun Caleb. 1981. La Erosión del Suelo y sus Métodos de Control Aprobados. Tesis. Escuela de Agricultura. U. de G. México. p. 12, 13, 14, 17, 18.