

---

---

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

---

FACULTAD DE AGRICULTURA



ISOERODETAS DEL ESTADO DE JALISCO

---

---

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

ORIENTACION BOSQUES

P R E S E N T A

ARTURO SANCHEZ VIELMAS

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jalisco 1988

---

---

A. B. R. 2



LABORATORIO  
BOSQUE LA PRIMAVERA  
CENTRO DE DOCUMENTACION  
E INFORMACION



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
Facultad de Agricultura

Expediente .....

Número .....

Marzo 2 de 1988

C. PROFESORES:

ING. ARTURO CURIEL BALLESTEROS, DIRECTOR  
ING. HECTOR A. MORALES CONTRERAS, ASESOR  
ING. SALVADOR MENA MUNGUIA, ASESOR

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

" ISO-ERODETAS DEL ESTADO DE JALISCO "

presentado por el (los) PASANTE (ES) ARTURO SANCHEZ VIELMAS

han sido ustedes designados Director y Asesores 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.

ATENTAMENTE  
"AÑO ENRIQUE DIAZ DE LEON"  
"PIENSA Y TRABAJA"  
EL SECRETARIO

ING. JOSÉ ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

srd'

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

21.94  
15209  
A1392  
G-1



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
Facultad de Agricultura

Expediente .....  
Número .....

Mayo 6, 1986.

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

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE \_\_\_\_\_

ARTURO SANCHEZ VIELMAS titulada, -

"ISO-ERODETAS DEL ESTADO DE JALISCO."

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR.

\_\_\_\_\_  
ING. ARTURO CURIEL BALLESTEROS.

ASESOR.

\_\_\_\_\_  
ING. HECTOR A. MORALES CONTRERAS.

ASESOR.

\_\_\_\_\_  
ING. SALVADOR MENA MUNGUIA.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

## DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Por su entrega, paciencia  
y ejemplo.

A VIRGINIA Y LAURITA:

Por ser el nucleo central de  
todos mis esfuerzos e inspiraciones  
acrisoladas por la fuerza del Amor.

A MI HERMANO:

Esperando que le sirva de  
estimulo y motivacion.

A FAUSTO Y MARGARITA

Por ser un apoyo clave  
para la elaboracion de  
esta tesis.

A todos aquellos Amigos y Familiares que han sido compania y  
estimulo en el transcurso de mi vida.

## AGRADECIMIENTOS

A mi Universidad y Facultad:

por la técnica aprendida  
la ideología inculcada y la  
Profesión lograda.

A mis Maestros:

Por su trabajo  
en la rama más  
importante en la formación  
del ser humano:  
La Educación,  
y en forma especial a:

Ing. Arturo Curiel Ballesteros

Ing. Salvador Mena Munguia

Ing. Hector A. Morales Contreras.

Director y asesores de esta tesis,  
respectivamente.

Quiero hacer un agradecimiento muy especial  
a la Ing. Ana Isabel Ramirez Quintana  
por su grandisimo apoyo en los trabajos  
finales de esta tesis.

## I N D I C E

I.	INTRODUCCION	1
II.	OBJETIVOS Y SUPUESTOS	3
III.	REVISION DE LITERATURA	4
	A. La Erosión del Suelo.	4
	B. La Erosión Hidrica.	5
	C. Características de la Lluvia	6
	C.1. Intensidad de la lluvia	6
	C.2. Duración de la lluvia	9
	C.3. Frecuencia de la lluvia	10
	D. Agresividad de la Lluvia	10
	E. Levantamientos de Erosividad	12
IV.	MATERIALES Y METODOS.	14
	4.1. Generalidades del Area de Estudio	14
	4.1.1 Localización	14
	4.1.2 Orografia	14
	4.1.3 Clima	16
	4.1.4 Vegetación	17
	4.1.5 Suelos	18
	4.2. Materiales	19
	4.3. Metodologia	19
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	25
VI.	CONCLUSIONES	31
VII.	BIBLIOGRAFIA	32

## I. INTRODUCCION

La erosión es uno de los fenómenos que, en la actualidad esta afectando en gran forma a los suelos de México, de donde se deduce que, de una buena o mala utilización de los mismos en las actividades agrícolas, ganadera y forestal, depende, consiguientemente y, cada vez en mayor escala la conservación o destrucción de los mismos.

De nada sirve que se implementen programas y mas programas de tipo oficial encaminados al campo si la base principal de este se destruye; es decir, el suelo. Si se permite que continúe el empobrecimiento presente, nada habría de extraño en que, eventualmente el area actual de buenas tierras de cultivo se reduce a una superficie total tan pequeña que seria insuficiente para satisfacer los requerimientos del país, de por sí ya muy mermados.

La erosión es un fenómeno que afecta muy dramáticamente a los suelos, por lo irreversible de su acción si no se controla a tiempo, según datos de la Dirección General de la Conservación del Suelo y el Agua, se estima que el 80% del país se encuentran bajo diferentes grados de erosión y sus efectos se manifiestan en todos los niveles, si consideramos al suelo por unidad de areas como el lugar donde coexisten la litósfera, la hidrósfera, la atmósfera y la biosfera con el Hombre y su compleja organización social; veremos el porque de lo anteriormente dicho. La erosión acelerada del suelo hace que el país, no solo meramente el campesino individualmente considerado, se tenga que encarar con un problema de importancia tremenda para su propio bienestar. Sin medidas de orden permanente que protejan nuestra tierra productiva, no puede existir una agricultura igualmente permanente; y sin una agricultura permanente no puede esperarse que esta nación siga una existencia vigorosa.

Por todo lo anteriormente dicho es de gran importancia, como primer paso, y mas esencial, el control de la erosión. Bien como individuos, como comunidades o como nación debemos conocer la tierra, sus necesidades de preservación y las posibilidades prácticas de tomar la responsabilidad de dichas necesidades, todo esto requiere de mucho trabajo, así como de una mayor cooperación, acciones mas coordinadas y de una ayuda técnica bastante razonable, y la que habría de prebalecer en todo momento sería una acción lo más estrecha posible ante los técnicos y los campesinos.

La madre naturaleza ideo las cosas de tal modo que el suelo puede ser perfectamente productivo, siempre y cuando nos guemos lo más que nos sea posible por sus propios métodos.

La erosión del suelo por el agua puede considerarse como función de la energía de la lluvia para provocarla.

El indicador más simple, preciso y práctico de la erosividad de la lluvia en una localidad, es uno de los términos de la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (USLE, en inglés). El término índice de erosividad (R) es una caracterización de la lluvia para cuantificar el potencial erosivo de la misma.

Este trabajo de tesis pretende ser una investigación sobre el factor R en el estado de Jalisco, el cual nos determinará gráficamente las isoerodetas en el estado, además servirá como precedente para otros trabajos relacionados con la mencionada ecuación, ya que en México falta información sobre la cantidad de suelo erosionado con las precipitaciones, inclinación, característica del suelo, vegetación y manejo de los suelos forestales.



## II. OBJETIVOS Y SUPUESTOS.

### Objetivos.

- Calcular la erosividad o potencial erosivo de la lluvia (factor R) del estado de Jalisco.
- Generar modelos de cuantificación de la erosividad de la lluvia para datos de pluviómetro.
- Jerárquizar zonas con riesgos de erosión en el estado en base a la agresividad climática.

### Supuestos.

- Las diferencias en el manejo de los pluviógrafos no afecta significativamente los resultados y su aplicabilidad.
- Las diferencias en la distribución de los pluviógrafos en el estado no afecta para establecer las isoerodetas conforme a los diversos climas existentes en el mismo.

### III REVISION DE LITERATURA

#### A. La Erosión del Suelo.

Según Fournier F. (13), el termino "erosión" proviene del verbo latino erodere que significa roer. Se refiere al desgaste de la superficie terrestre bajo la acción de los agentes erosivos siendo los principales el viento y el agua. Esta acción ha existido siempre en la superficie del globo. Se inicio cuando las rocas emergieron y se pusieron en contacto con la atmósfera quedando expuestas a la acción de la temperatura y la lluvia que las descomponen y desintegran mediante los procesos de desagregación mecánica (temperatura) y alteración química (lluvia) quedando de esta manera reducidas hasta las dimensiones de las arenas, limos y arcillas que mezclados a la materia orgánica, producto de la descomposición de los vegetales, principalmente por la acción de los microorganismos, surge el suelo, la capa más externa de la corteza terrestre situada entre la roca no alterada y la atmósfera.

Pero al formarse el suelo, este queda expuesto inevitablemente a la acción de los agentes atmosfericos dotados de poder erosivo: el viento y el agua de lluvia (erosión eólica e hídrica, respectivamente). Esta última en particular, cuando cae y corre tras su cauda, arrastra elementos terrosos y provoca su transporte a distancias más o menos grandes, a menudo hasta el mar.

Cuando existe un equilibrio entre la velocidad de desgaste del suelo y su velocidad de formación, gracias, principalmente, a la existencia de vegetación que permite una erosión lenta en el curso de la cual el suelo se mantiene, esta erosión puede calificarse como "geológica" o "normal".

Pero si existe una ruptura del equilibrio en favor de las acciones erosivas, el fenómeno arriba descrito se acelera enormemente.

Una acción acelerada puede producirse desde el principio de la descomposición de las rocas, si estas son poco resistentes y se desagregan rápidamente en elementos finos facilmente arrastrables, o cuando en fuertes pendientes el efecto de la gravedad provoca el arrastre inmediato de los productos de la descomposición. Pero la erosión acelerada por el viento y el agua es consecuencia, en la mayoría de los casos de las actividades humanas y adquiere, sobre todo, toda su amplitud cuando los suelos estan deficientemente explotados por el hombre y cuando se destruye la vegetación. En estas condiciones la velocidad

del desgaste sobrepasa a la velocidad de formación: el suelo se hace más delgado, después desaparece y el terreno queda arruinado.

#### B. La Erosión Hídrica.

Torrez Ruiz (31) considera que la erosión causada por la lluvia es la más importante y se debe a la acción dispersiva y al poder de transporte del agua que cae y escapa del suelo en forma de escurrimiento superficial, si no hubiera escurrimiento superficial no habría erosión en zonas de baja precipitación. Aunque el material grueso del suelo se desprende fácilmente por acción de las gotas de lluvia o del agua en movimiento, no es arrastrado fácilmente.

Por otro lado, las partículas finas como las arcillas y el limo fino no se desprenden con facilidad, pero una vez sueltos son transportados sin ninguna dificultad. Por esta razón, los materiales finos del suelo son arrastrados a largas distancias, en tanto que los gruesos quedan depositados a lo largo del curso del agua (1).

Torrez Ruiz E (1981) dice que la acción dispersiva y el poder de transporte del agua están determinadas por el choque de las gotas de lluvia, por la cantidad y velocidad del escurrimiento superficial y por la resistencia del suelo a la dispersión y al movimiento. Estos efectos dependen de los factores siguientes:

- a) Clima. Características de la lluvia principalmente cantidad e intensidad de ésta.
- b) Topografía. Pendiente, exposición y área del terreno.
- c) Cubierta vegetal. Especies vegetales y poblaciones por hectárea.
- d) Naturaleza del suelo. Principalmente la resistencia a la dispersión.
- e) Permeabilidad del suelo. Velocidad de infiltración del agua en el suelo.

La erosión hídrica puede ocurrir en tres formas principales: laminar, vertical y acanalada.

1. Erosión laminar.

La erosión laminar consiste en la pérdida del suelo de manera uniforme sobre toda la superficie o en una franja amplia. Esta forma de erosión es difícil de detectar ya que con el primer salpicamiento y movimiento del suelo se forman pequeños canales y uno se da cuenta de ella hasta cuando aparecen materiales extraños a la superficie, o al descubrir expuestas algunas capas que de ordinario están ocultas.

2. Erosión vertical.

Esta forma de erosión consiste en el movimiento vertical de los materiales coloidales del suelo hacia horizontes mas profundos. Ocurre principalmente en terrenos de escasa o nula pendiente, en los suelos de alta permeabilidad y en terrenos pesados. La erosión vertical afecta al suelo en dos formas principales: reduciendo la fertilidad de la capa que esta perdiendo coloides y acumulando materiales a determinada profundidad, formando una capa restrictiva a la penetración del agua y de las raíces de las plantas.

3. Erosión acanalada.

En la mayoría de los suelos se presenta la erosión por canales y en condiciones extremas con formación de cárcavas y torrenteras, en sus fases iniciales tambien se le conoce como erosión en surcos, el proceso se inicia con la confluencia de dos o más escurrimientos superficiales de las partes altas del terreno hacia cotas inferiores, o sea el drenaje natural del suelo.

En un terreno desprovisto de cubierta vegetal ese escurrimiento acanalado es el principio de la formación de cárcavas, barrancas o torrenteras, arroyos y ríos.

C. Características de la Lluvia.

Las características más importantes de la lluvia de acuerdo a la erosión que produce son: la intensidad, la duración y la frecuencia. A continuación abondaremos en cada uno de ellos:

1. Intensidad de la lluvia:

Esta se expresa en milímetros por hora y se mide con el pluviógrafo, aparato que gráfica intensidades para

diferentes lapsos y que fue clave en el desarrollo de este trabajo.

La intensidad del aguacero es el factor pluviométrico más importante que afecta la escorrentía y la erosión.

De acuerdo con el tamaño de las gotas de agua la lluvia es ligera cuando el diámetro de las gotas es menos de 2.5 mm; moderada, si las gotas tienen un diámetro de 2.5 hasta 7.5 mm; intensa, si el diámetro es mayor de 7.5 mm (31).

La dimensión máxima de este diámetro es del orden de 9 mm. Una gota mayor estalla por si misma, pues la tensión superficial del agua es insuficiente para mantenerla. En una atmósfera turbulenta, el diámetro máximo no sobrepasa generalmente 5 o 6 mm (13).

En general las lluvias con alta intensidad se presentan frecuentemente en periodos cortos; consecuentemente, desarrollan una mayor actividad erosiva en los suelos, ya que se incrementa el tamaño, la velocidad de caída y la energía cinética de las gotas de agua.

#### 1.1. La energía cinética de la lluvia.

Desde un punto de vista teórica, la energía cinética  $E$  de una gota de lluvia se obtiene mediante la conocida formula:

$$E = \frac{1}{2} MV^2$$

en la que  $M$  es la masa y  $V$  es la velocidad. Teóricamente la relación entre la velocidad del agua y su poder erosivo es de la siguiente manera:

$$1. V = du \dots Ec = V^2$$

donde  $V$  = velocidad.

$du$  = distancia vertical que lleva de recorrido el agua.

$Ec$  = Energía cinética o capacidad erosiva del agua.

$2$

$V$  = Velocidad al cuadrado.

$$2. M = V^5$$

donde:  $M$  = cantidad de material de determinado tamaño que puede arrastrarse.

$5$

$V$  = Velocidad a la quinta potencia.

$$3. Tr = V^6$$

donde Tr = Tamaño de las partículas que pueden transportarse por rodamiento.

$V^6$   
V = Velocidad a la sexta potencia del agua.

La longitud de la pendiente es tan interesante como el grado, especialmente en terrenos bajo cultivo. Al saturarse de humedad el suelo, el agua de escurrimientos se acumula a todo lo largo de la pendiente, aumentando su volumen y velocidad y con ello, sus daños.

La masa se mide a partir del diámetro de una gota asimilada a una esfera.

Para estimar la energía cinética de una lluvia de duración T utilizando el método directo es necesario conocer en cada instante t:

- la intensidad de la lluvia (t),
- el tamaño de la gota P ( $\theta, t$ ), esto es, la proporción de gotas de diferentes diámetros  $\theta$  que caen en una lluvia.

En la hipótesis de que la velocidad de la caída de las gotas V( $\theta$ ) sea únicamente una función del diámetro de las gotas, la energía cinética de la lluvia que cae sobre una superficie S puede obtenerse a partir de la ecuación:

$$E = \frac{\rho_s}{2} \int_0^t i(t) \int_0^{\max} P(\theta, t) \times V(\theta)^2 d\theta dt$$

En la que P es la densidad (densidad de la masa) del agua de lluvia.

Habida cuenta de que es difícil medir P ( $\theta, t$ ), el referido cálculo habrá de realizarse de manera discreta y habrán de seleccionarse los períodos de tiempo suficientemente largos en los que la variación de la intensidad de la lluvia sea escasa.

En consecuencia, los investigadores se han orientado finalmente hacia la búsqueda de una relación general entre la intensidad pluvial y la energía cinética.

Es así como Smith y Wischmaier obtuvieron la mejor estimación conocida para la cuantificación de la

energía cinética de los aguaceros. Para ello se basaron en estudios relativos a la velocidad terminal y a la distribución del tamaño de las gotas en función de la intensidad de la lluvia, así como en los datos experimentales de mas de 8,000 parcelas-años (33).

Esta expresión es la siguiente:

$$E_c = 210 + 89 (\log I)^2$$

donde:  $E_c$  = Energía cinética en Julios/m<sup>2</sup>/cm de lluvia.

$I$  = Intensidad en cm/hr.

Misma que fue utilizada en el desarrollo de este trabajo.

Algunos investigadores americanos han elaborado fórmulas empíricas en las que se tiene en cuenta la energía cinética de la lluvia (valores validos en promedios) y se ha propuesto la siguiente ecuación:

$$E = 8,73 \log I + 11,9 \quad \text{Wischmeier.}$$

en la que  $E$  esta expresada en Julios/m<sup>2</sup> por mm de lluvia e  $I$  representa la intensidad en mm/hr.

Otra expresión da  $E_c$  directamente en toneladas metricas/km cuadrado e  $I$  en mm/h, es decir:

$$E = 890 \log I + 1214 \quad (\text{Roose-1977}).$$

De estas expresiones logaritmicas se desprende que mas alla de los 100 mm/h la energía cinética aumenta solo ligeramente. Esto obedece al hecho de que el diametro medio de las gotas no aumenta en función de la intensidad y puede incluso disminuir si se tiene en cuenta que es muy probable que las gotas se amalgamen produciendose el estallido de las mismas (2).

## 2. Duración de la lluvia.

La duración del aguacero es el complemento de la intensidad, la asociación de las dos, determina la precipitación total. En general, las lluvias con alta intensidad se presentan frecuentemente en periodos cortos y las lluvias de baja intensidad en periodos mas largos. La combinación entre alta intensidad y larga duración ocurre con poca frecuencia, pero cuando sucede, resulta

una tormenta de gran magnitud y con una acción erosiva muy fuerte.

La relación que existe entre intensidad y duración de la precipitación se muestra en la figura de abajo, donde puede apreciarse que a medida que aumenta la duración de la tormenta, disminuye su intensidad.

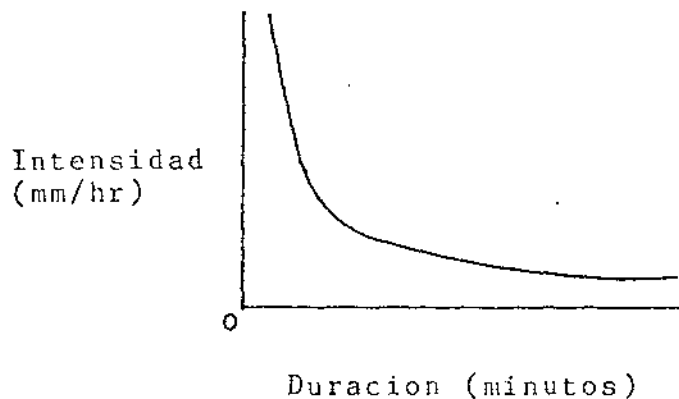


Figura No. 1. Grafica que indica la relación que existe entre intensidad de lluvia y su duración.

### 3. Frecuencia de la lluvia.

Frecuencia o período de retorno de las lluvias es la periodicidad media estadística en años, con que se presentan las tormentas de características semejantes en intensidad y duración.

La frecuencia de las lluvias es crítica con respecto a las condiciones de los terrenos. Si los intervalos entre estas son cortos, es alto el contenido de humedad del suelo al comenzar aquellas y aumentan los riesgos de que se originen escorrentías, aún con eventos de baja intensidad. Si por el contrario, son los periodos largos entre lluvias, el suelo estará seco y no habrá escorrentías con aguaceros de baja intensidad. En el caso extremo la vegetación puede sufrir por falta de humedad y reducirse así la protección natural del terreno.

### D. Agresividad de la Lluvia.

Es aceptado en general, que el potencial erosivo de la lluvia es alguna función de la energía cinética de la lluvia como hemos visto anteriormente, asimismo el indicador simple, más preciso y práctico para cuantificar la



erosividad de la lluvia en una localidad es el índice "R" de la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE en inglés). Este índice fue deducido en el "National Runoff and Soil-Loss Data Laboratory", del Servicio de Conservación de Suelos de los EE. UU. (21).

(Para quien se interese mas a fondo sobre la Ecuación Universal de Perdidas de Suelo puede consultar las citas Nos. 2,6,8,24 y 34 de la bibliografía).

"R" es un índice numerico que expresa la capacidad de la lluvia que se supone ha de caer en una localidad para erosionar un suelo y no queda sujeto al control del hombre.

Las perdidas de suelo ocasionadas por los aguaceros en los terrenos cultivados son directamente proporcionales al valor del producto de dos características del aguacero: (a) su energía cinética total, y (b) su intensidad maxima en treinta minutos. Este producto es un termino recíproco que mide el efecto de una manera particular en que la erosión por salpicadura y la turbulencia se combinan con el escurrimiento para llevarse del terreno las particulas de suelo separadas de este.

Se ha visto que el efecto mutuo de la energía cinética y la intensidad maxima en treinta minutos proporcionan una buena medida del poder de erosión de un aguacero. El valor de este factor puede calcularse mediante los datos de un pluviógrafo. La escasez de estos en nuestro medio origina la necesidad de buscar metodologias auxiliares como lo son los indices de Fournier que relacionan los datos del pluviómetro y los de pluviógrafo.

Ante la escasez de datos sobre erosion a nivel mundial, Fournier (1960), estableció por cuencas fluviales una nueva variable la Degradación específica (DS) en  $\text{ton}/\text{km}^2$  cuadrado/año, la cual se refiere a la cantidad de sedimentos que salen anualmente de una cuenca. Esta nueva variable considerada como la dependiente fue obtenida para 96 cuencas a nivel mundial (en México la cuenca del Rio San Juan, en el estado de Tamaulipas).

En primer término se efectuó una homogeneización de cuencas, empleando para ello el Sistema Climático de Koppen, y como variables independientes a:

- 1) P, precipitación media anual, en mm.
  - 2) P/n, en donde n es el número de días lluviosos en el año.
  - 3) S/P en donde S es la estación (Primavera, verano, etc) de máxima pluviometría, en mm.
  - 4) S<sup>2</sup>/P
  - 5)  $\Sigma$ /P en donde  $\Sigma$  son los tres meses de máxima pluviometría en el año, en mm.
  - 6)  $\Sigma$  cuad/P.
  - 7) p/P en donde p es el mes de máxima pluviometría, en mm.
  - 8) p<sup>2</sup>/P
  - 9) pp max en 24 hrs) /p.
- (todos estos índices fueron probados en este trabajo a excepción de 3 y 4).

La relación entre DS y cada una de estas variables fue estudiada en forma gráfica, para valores normales y logarítmicos y de todas ellas la que mostró una mayor correspondencia fue la penúltima. Sin llegar a ser estadísticamente significativa (los criterios de evaluación fueron el coeficiente de correlación,  $r$  y una prueba de  $t$  para los coeficientes de la regresión lineal simple) (25).

Fournier estima que este enfoque debe generalizarse e insiste en que cualquier tipo de investigación debe necesariamente aplicar la evaluación de R de Wischmeier.

Hasta el momento, al parecer ningún organismo de investigación en México ha iniciado esta tarea, salvo algunas raras excepciones.

#### E. Levantamientos de Erosividad.

La ecuación universal de pérdida de suelo y por consiguiente, el factor R pertenece a los llamados métodos climatológicos utilizados en la investigación de la erosión del suelo.

Estos modelos son utilizados en todos los trabajos que comprenden la determinación de la erosividad de la lluvia y el viento bajo condiciones climáticas variadas.

Los valores obtenidos con estos modelos permiten la realización de mapas conocidos como mapas de Isoerodetas, mismo que es el objetivo principal de este trabajo.

Usando este modelo es como Wischmeier 1976 (34) estableció el mapa de isoerodetas de los EE.UU. Las líneas trazadas en el mapa se llaman isoerodetas porque conectan puntos de igual erosividad de lluvia.

Este mapa fue producto de las observaciones de 181 estaciones meteorológicas durante 22 años calculando el valor de R para cada tormenta registrada.

Todos los datos fueron procesados con la ecuación:

$$E = 916 + 331 \log_{10} I,$$

donde E= energía cinética en pies-ton/acre/pulg de lluvia  
I= intensidad de la lluvia en pulgadas/hr.

Los valores del índice determinados en los EE.UU. tienen un rango que va de -50 a +500 en unidades del sistema inglés.

Koolhaas en 1977 (22) estableció el mapa de isoerodetas del Uruguay, en ese trabajo se presentan dos tipos de distribución del potencial erosivo de la lluvia establecidas para el Uruguay. Una involucra la erosividad media anual de la lluvia y sus diferencias por zonas geográficas. La otra considera las diferencias por localidad, solo al sur del País, de la distribución de la erosividad a lo largo del año.

El potencial erosivo de la lluvia en las distintas localidades fue medido por un índice de erosión basado en la energía cinética y la máxima intensidad sostenida de cada aguacero. Este índice fue evaluado matemáticamente en las bandas de un pluviómetro registrador instalado en Montevideo. Para las demás estaciones pluviométricas, se empleo la misma ecuación de regresión, que la usada por el U.S. Agricultural Research Service, con una alta correlación. Los valores del índice de erosión obtenidos, son los valores aplicables al factor lluvia, R, en la ecuación universal de pérdida de suelo. Los valores del índice hallados en el Uruguay tienen una amplitud de variación de 240 a 600 en unidades del sistema métrico.

Otros autores como Dhruva VV y Babu R. (10) han establecido mapas de isoerodetas en este caso para la India, siguiendo básicamente la misma metodología usada por los autores mencionados.

En México sabemos que se están desarrollando investigaciones sobre el mismo rubro en los estados de México y Querétaro sin que hasta el momento sepamos que se hayan publicado sus resultados.

#### IV. MATERIALES Y METODOS.

##### 4.1 Generalidades del Area de Estudio.

###### 4.1.1. Localización.

El estado de Jalisco cuenta con aproximadamente 80,137 Km<sup>2</sup> de superficie, representando esto el 4% con respecto a la superficie total del país.

Jalisco se localiza en la parte occidental de la República Mexicana, en la vertiente del Océano Pacífico. Se ubica geográficamente entre los paralelos 18 grados 58' y 22 grados 51' de Latitud Norte; y los meridianos 101 grados 28' y 105 grados 43' de Longitud Oeste.

Sus límites son: al Norte, los estados de Durango, Zacatecas y Aguascalientes; al Noreste, con los estados de Guanajuato y San Luis Potosí; al Sur, los estados de Colima y Michoacán; al Noroeste, el estado de Nayarit, y al Oeste el Océano Pacífico. (Fig.2).

###### 4.1.2. Orografía.

Esta entidad presenta marcados contrastes en su relieve, debido a su geología y a que sufre la influencia de tres ejes orográficos: La Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur; encontrándose lo mismo estructuras volcánicas, cordilleras, zonas de lomeríos, cuevas, valles y llanuras, cañadas, planicies, lagunas y litoral costeros.

Predominan las zonas montañosas y de valles en el área Oeste del estado, aledaño al litoral del Océano Pacífico, y lo mismo en la zona Sur.

Al Norte, se localizan cañones; valles y mesetas. En la Zona Centro se localizan grandes llanuras y lomeríos, en esta área es donde se localiza la Laguna de Chapala, la más grande del país y cuya importancia en la vida económica del estado es ya conocida.

En general para todo el estado se puede decir que predominan los macizos montañosos de sierras y lomeríos. Las principales elevaciones dentro de la entidad son:

El volcán Nevado de Colima con 4,400 msnm, localizado en el municipio de Tuxpan. El cerro Bola del Viejo con 3,100 msnm, localizado en el municipio de Jocotepec.

Fig. 2 JALISCO: UBICACION Y LIMITES



FUENTE: X Censo de Población y Vivienda



LABORATORIO  
BUSQUE LA PRIMAVERA  
CENTRO DE DOCUMENTACION  
E INFORMACION

Le siguen los cerros La Campana y El Calvario en el municipio de San Martín de Bolaños, el cerro El Arrostradero en el municipio de Cuautla y el Cerro de Tequila; con 2,700 msnm de altitud.

Con 2,400 msnm se tienen los cerros San Miguel en el municipio de Cuautitlan, Pericos en municipio de Ameca y la Cienega en el municipio de Guachinango.

En Talpa de Allende se localizan el Cerro La Gloria con 2,100 msnm y Picacho con 1,500 msnm; por último, el Cerro Calvario que tiene 1,800 msnm y se localiza en San Martín de Bolaños.

#### 4.1.3. Clima.

La conformación variada del relieve y la influencia de masas de agua marítima y lacustre definen un clima de grandes contrastes, lo que genera condiciones favorables para el desarrollo de diversos tipos de vegetación y cultivos, así como áreas propicias para asentamientos humanos e industriales.

Las principales características del clima son:

Región	Clima	Altura
Zona de la costa	Tropical	Menos de 1000 m.
Norte y Los Altos	Semicalido Semiseco.	Entre 900 y 2,100 m.
Oeste	Semiseco	De 1,800 a 2,100m.
Centro	Semicalido Tropical con lluvias en verano	1,500 promedio.
Sur	Variado con predominancia de semicalido.	Min. 300 Max. 2,400.

#### 4.1.4. Vegetación.

La ubicación y forma de la República Mexicana, además de otros factores geográficos como relieve, geología, hidrología, latitud, altitud, clima, etcétera, contribuyen a la existencia de gran diversidad de tipos de vegetación. Atendiendo a lo anterior, es comprensible que al estudiar el estado de Jalisco se encuentre un verdadero mosaico en cuanto a vegetación y suelos. Sin embargo, para facilitar su comprensión es posible hacer una generalización atendiendo al tipo de vegetación predominante por provincias fisiográficas.

La Provincia del Eje Neovolcánico, en el centro del estado, se caracteriza en primer término por la predominancia de tres tipos de vegetación: 1) Pastizal natural huizachal, sobre todo en la región correspondiente a Los Altos; 2) Agricultura de temporal, distribuida en toda la provincia; y 3) Matorral subtropical, en la ribera del lago de Chapala y parte de Los Altos, con especies como huizache, mezquite y nopal.

En segundo término, en la parte oriental, esta provincia cuenta con una proporción menor de bosque de pino-encino (Sierra de la Primavera, Sierra de Quila, Sierra de Tapalpa, etc.), y una superficie mínima de selva baja caducifolia en las inmediaciones de Guadalajara.

La Provincia de la Mesa Central, al noroeste de la entidad, posee climas semisecos y templados que se reflejan en la vegetación. En general, predomina el pastizal natural y superficie poco considerable de bosque de encino, distribuidos a 2,700 msnm aproximadamente, así como agricultura de temporal y matorral subtropical.

La Provincia de la Sierra Madre Occidental, al norte del estado, presenta mayor diversidad en relación a la provincia anterior. En ella se encuentra matorral subtropical con las superficies correspondientes a los distintos estratos; además, bosque de encino y de pino-encino, con una distribución altitudinal promedio de 1,815 msnm y selva baja espinosa con vegetación secundaria, principalmente en el área central de la provincia.

Finalmente, la Provincia de la Sierra Madre del Sur, en la parte austral de la entidad, presenta gran complejidad con un panorama muy diverso y de gran riqueza en especies. Sin embargo, es posible considerar

a la siguiente vegetación como representativa en la provincia: Selvas (baja caducifolia y mediana subcaducifolia); bosques (encino y pino-encino), y una pequeña área de agricultura de riego en la costa norte del estado.

#### 4.1.5. Suelos.

Segun la SARH (29) los suelos del estado se ditribuyen de la siguiente manera:

#### PRINCIPALES UNIDADES DE SUELOS EN EL ESTADO DE JALISCO.

UNIDAD	SUPERFICJE	%
Regosoles	2'227,855.59	28.24
Faeozems	1'837,349.74	23.29
Luvisoles	541,185.87	6.86
Cambisoles	435,473.19	5.52
Planosoles	422,850.78	5.36
Litsoles	353,427.51	4.48
Vertisoles	388,438.39	4.29
Otros suelos*	1'491,022.34	18.90
Cuerpos de agua y zonas urbanas.	241,403.62	3.06
Total	7'889,007.1	100.00

\*En otros suelos se incluyen las siguientes unidades:

Xerosoles	Acrisoles
Chernozems	Andosoles
Rendzinas	Fluvisoles
Solonchaks	Castanozems
Gleysoles.	



#### 4.2. Materiales.

Para el cálculo de erosividad se obtuvieron datos de pluviómetro de 174 estaciones meteorológicas del estado de Jalisco, de las cuales se consideraron 101 que portaban datos continuos y completos. Y datos de pluviografo en las estaciones de: Bolaños, Cabo Corrientes, Cihuatlan, Chapala, Chiquilistlan, El Grullo, Mascota, Tamazula, Teocaltiche y Lagos de Moreno. (Fig.3). Todos los datos anteriores se emplearon en los calculos de regresion lineal para obtener índices de erodabilidad en base a lecturas de pluviometro.

Otros materiales fueron:

-Carta climática del INEGI.

-Computadora Apple.

-Registros de precipitación anual, maxima en 24 hrs y numero de dias lluviosos en el año, del Servicio Meteorologico Nacional.

#### 4.3. Metodologia.

Se utilizó el modelo determinístico citado por Wischmeier, la cual tiene un uso universal, pero su empleo depende de la existencia de datos aplicables en cada localidad.

El modelo determinístico de Wischmeier es el siguiente:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P.$$

Siendo:

- A.- El promedio anual de perdidas de suelo en toneladas por hectarea.
- R.- La capacidad erosiva de la lluvia determinada combinando la intensidad maxima en 30 minutos y la energía cinética de los aguaceros.
- K.- Es el factor de erodabilidad del suelo expresado en unidades que dependen de la cantidad de perdidas de suelo que ocurre por unidad de R bajo condiciones estandar especificas.
- L.- El factor que mide el efecto de la longitud de la pendiente.
- S.- El factor que mide el efecto de la inclinacion (grado pendiente).
- C.- es el factor de cultivo o cubierta, el cual mide el efecto de la cobertura y su manejo (tiene valor de 1 cuando el suelo esta en barbecho y preparado en dirección de la pendiente).

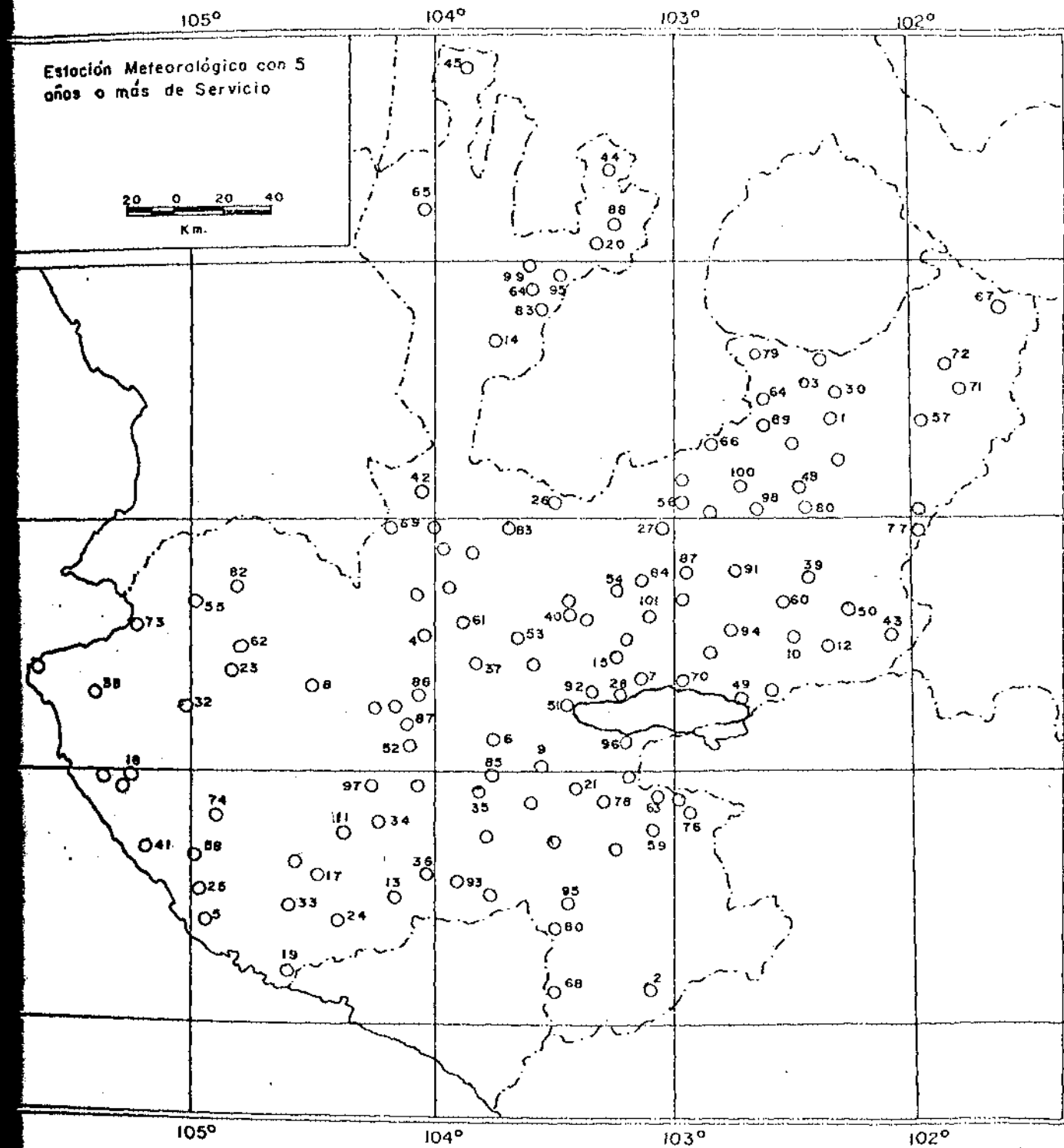


Fig. 3 Estaciones Meteorológicas del Estado.  
 (Las estaciones sin numero no fueron consultadas)

P.- El factor practica de control de la erosión tomando como punto de referencia de la situación de un terreno arado y sembrado en dirección de la pendiente (la practica de conservación reduce al valor maximo de 1 en este factor).

En este trabajo se trato el factor R, es decir, erosividad de la lluvia.

Calculo de R.

- a) Se procedio a coleccionar las graficas diarias de pluviografo durante 5 años consecutivos.
- b) Interpretación de cada una de las graficas señalando los cambios de intensidad registrados en la linea según se muestra en la Fig.4.
- c) En el lugar en donde estos cambios ocurren se les toma la hora y la cantidad de lluvia en milímetros que marquen, formando así dos columnas como se muestra en el cuadro 1.
- d) La diferencia entre las horas anotadas se transforma a minutos (columna III), los milímetros de lluvia se convierten a centímetros (columna IV).
- e) En base a los resultados de minutos y centímetros de lluvia se calcula la intensidad en cm/Hr con una regla de tres, simple (columna V) en esta se eliminan todos los valores menores a 0.5 cm/Hr por considerarlos no erosivos.
- f) Se calcula la energía cinética de los resultados que nos quedaron (columna VI), con la formula
 
$$E_c = 210 + 89 \frac{(\log. I)^2}{10} = \text{Mj/ha (megajoules/ha)}$$
 Donde  $E_c$  = Energía cinética de la lluvia.  
 $I$  = Intensidad en cm/Hr.
- g) En la columna IV se buscaran las intensidades maximas en treinta minutos continuos.
- h) Se multiplicaran las columnas IV y VI para obtener la energía cinética total al sumar estos resultados.

**PLUVIOGRAFO  
FUESS  
Modelo F-10  
Registro diario**

ESTACION \_\_\_\_\_  
ESTADO \_\_\_\_\_  
DEPENDENCIA \_\_\_\_\_

HOJA	PUESTA	QUITADA
Año		
Mes		
Día		
Hora		

LLUVIA EN mm. DE ALTURA  
EN EL PLUVIOGRAFO \_\_\_\_\_  
EN EL PLUVIOMETRO \_\_\_\_\_  
OBSERVADOR \_\_\_\_\_

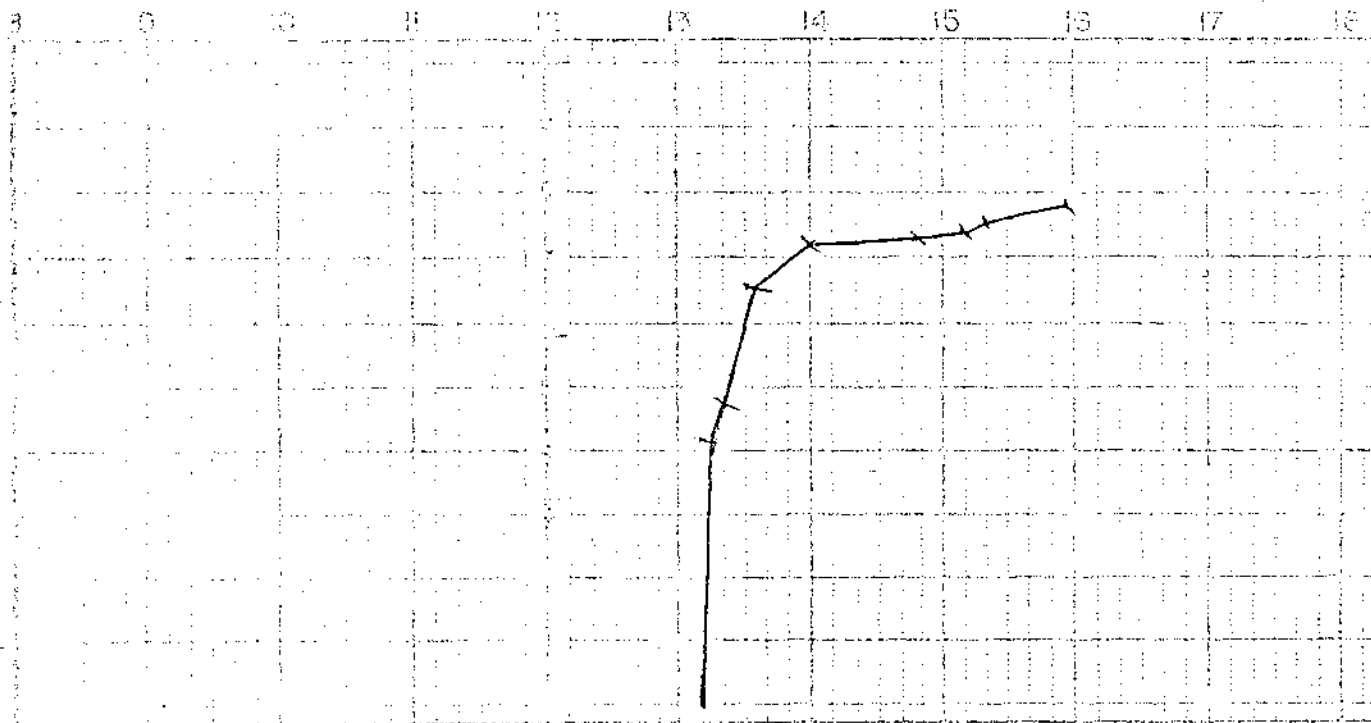


Fig. 4. Interpretación de una gráfica de pluviógrafo

- i) Con los datos anteriores se procede a calcular R con la fórmula:

$$R = E_c T/100 \times I_{30'}$$

Donde:  $E_c T$  = Energía cinética total.

$I_{30'}$  = Intensidad máxima en treinta minutos.

Esto se repite por cada evento que se presente siendo R anual la sumatoria de R de todos y cada uno de los eventos individuales. (Cuadro 1).

CUADRO NO. 1. EJEMPLO DEL CALCULO DE R.

I Tiempo	II Lluvia (mm)	III Tiempo (min)	IV Lluvia (cm)	V Intensidad (cm/hr)	VI $E_c$	VII $E_{ct}$
13:10	--	--	--	--	--	--
13:15	4.1	5	0.41	4.92	271.58	111.34
13:20	4.7	5	0.06	0.72	197.30	11.84
13:35	6.5	15	0.18	0.72	197.30	35.51
14:00	7.2	25	0.07	0.17		158.70
14:47	7.3	47	0.01	0.01		2 2
15:04	7.4	17	0.01	0.04	Kg/m /seg	
15:10	7.6	6	0.02	0.20		
15:56	8.0	46	0.04	0.05		

$$R = E_c T/100 \times I_{30'}$$

$$R = 1.59 \times (0.65 \text{ cm}/30' \times 2)$$

$$R = 1.59 \times 1.30$$

$$R = 2.063 \text{ Ton/ha.}$$

Dado que la mayoría de las estaciones del estado no cuentan con pluviógrafos pero si con pluviómetro se probaron índices que tuvieron una correlación alta con la erosividad. Esto se hizo para cada estación meteorológica. Los índices fueron los siguientes:

- 1) P, precipitación media anual en mm.
- 2) P/n en donde n es el número de días lluviosos en el año.
- 3)  $\Sigma/P$ , en donde la sumatoria son los tres meses de máxima pluviometría en el año en mm.
- 4)  $\Sigma^2/P$
- 5) P/P en donde p es el mes de máxima pluviometría en mm.
- 6)  $p^2/P$  y
- 7)  $(pp)^2/pm$  en donde:
  - pp= precipitación pluvial máxima en 24 hrs.
  - Pm= precipitación máxima mensual.

Para conocer la función que más concordancia, presentara, se probaron los siguientes modelos de regresión:

- 1) Lineal  $Y = Ax + B$
- 2) Geométrica  $Y = BX^A$
- 3) Exponencial  $Y = A(10^{BX})^{2+B}$
- 4) Cuadrática  $Y = AX^2 + B$
- 5) Cuarto exponencial  $Y = AX^{4+B}$
- 6) Recíproca  $Y = (1/X) + B$
- 7) Radical  $Y = A(\sqrt[3]{X}) + B$
- 8) Cúbica  $Y = AX^3 + B$
- 9) Logarítmica  $Y = A(\log X) + B$ .

Eligiéndose entre ellos el que tuviera la mayor correlación ( $r$ ) y el menor error estándar, enseguida se utilizaron estos índices para obtener el valor  $R$  de manera indirecta con los datos de los 101 pluviómetros del estado.

Posteriormente se pasaron los valores de  $R$  a un mapa en donde aparecen todas las estaciones meteorológicas y ya con estos valores plasmados en el mapa es posible establecer líneas que unan puntos con igual valor de erosividad (isoerodetas).

Estos mapas son elaborados por interpolaciones de datos. El método que se utilizó en este trabajo se le puede denominar de "línea-guía".

Conocidas una red de estaciones con sus valores se escoge un valor medio el cual se interpola y ubica en forma precisa. A partir de esta línea que se toma como base se trazan las otras. (Fig. 4).

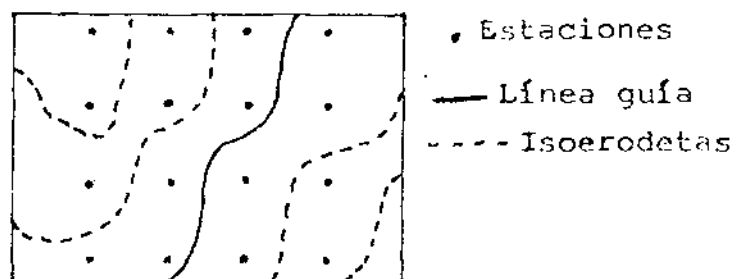


Fig. 5 Trazo de Isoerodetas

## V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

CUADRO 2. ESTACIONES TOTALES DEL ESTADO,  
Y SU VALOR DE R.

ESTACION	MUNICIPIO	VALOR DE R.
Agostadero	San Juan de los Lagos	66.39
Ahuíjollo	Tecalitlan	205.552
Ajojujar	Teocaltiche	115.033
Ameca	Ameca	359.739
Apazulco	La Huerta	243.045
Atemajac de Bris.	Atemajac de B.	401.078
Atequiza	Poncitlan	310.170 *
Atenguillo	Atenguillo	436.066
Atoyac	Atoyac	149.895
Atotonilco	Atotonilco	359.261
Autlán de Navarro	Autlán de N.	339.86
Ayo el Chico	Ayo el Chico	314.871
Ayotitlan	Cuautitlan	262.787
Bolaños	Bolaños	263.712 *
Calera	Teocaltiche	202.258
Casa Llanta	Colotlan	129.69
Casimiro Castillo	Casimiro C.	249.028
Cajon de Pena	Tomatlan	210.076
Cihuatlán	Cihuatlán	2265.432 *
Colotlán	Colotlán	119.114 *
Concepción de Buenos Aires	Concepción de BA	150.524
Contla	Tamazula de G.	317.194 *
Corrinchis	Mascota	79.394
Cuautitlan	Cuautitlan	233.959
Cuitzmala	La Huerta	291.062
Cuixtla	San Cristobal de la Barranca	234.504
Cuquio	Cuquio	276.653
Chapala	Chapala	220.117 *
Chiquilistlan	Chiquilistlan	600.196
Encarnacion de Dias	Encarnacion de D.	122.7
Ejutla	Ejutla	394.409
El Bramador	Talpa de Allende	331.363
El Chifón	Purificación	220.826
El Grullo	El Grullo	349.853 *
El Nogal	Tapalpa	369.9
El Rosario	Tuxcacuesco	372.302
El Salitre	San Martin H.	292.21
El Tuito	El Tuito	332.815 *
El Tule	Arandas	308.973
Guadalajara	Guadalajara	310.99

Higuera Blanca	Tomatlán	276.949
Hostotipaquillo	Hostotipaquillo	219.321
Huascato	Degollado	322.532
Huejucar	Huejucar	106.82
Huejuquilla	Huejuquilla	97.48
Huerta Vieja	Ixtlán de los Membrillos	267.275
Ixtlahuacan del Rio	Ixtlahuacan del R	164.01
Jalostotitlán	Jalostotitlan	185.514
Jamay	Jamay	211.253
Jesús María	Jesús María	279.326
Jocotepec	Jocotepec	123.034
Juchitlán	Juchitlán	340.9
La Estanzuela	Teuchitlan	287.80
La Experiencia	Guadalajara	309.623
La Desembocada	Puerto Vallarta	163.594
La Cuna	Yahualica de G.	338.539
Lagos de Moreno	Lagos de M.	164.418 *
La Huerta	La Huerta	231.687
La Manzanilla	La Manzanilla	216.264
La Red	Tepatitlan de M.	320.722
La Vega	Teuchitlan	353.49 *
Mascota	Mascota	256.668
Mazamitla	Mazamitla	257.422
Mechoacanejo	Teocaltiche	98.28
Mezquític	Mezquític	96.522
Mexticacan	Mexticacan	142.66
Ojuelos	Ojuelos	109.907
Pihuamo	Pihuamo	384.473
Plan de Barrancas	Hostotipaquillo	258.957
Poncitlán	Poncitlán	322.075
Presa 40	Lagos de Moreno	128.48
Presa la Duquesa	Ojuelos de J.	136.407
Puerto Vallarta	Puerto Vallarta	203.117
Purificación	Purificación	381.503
Quito	Tuxpan	332.84
Quitupan	Quitupan	166.411
San Diego de Alejandria	San diego de A.	88.73
San Gregorio	Mixtlan	425.746
San Juanico	Villa Hidalgo	284.931
San Marcos	Tonila	294.595
San Miguel el Alto	San Miguel el A.	157.564
San Sebastian	San Sebastián	166.504
Santa Rosa	Amatitan	256.232
Tacotan	Unión de Tula	299.702 *
Tapalpa	Tapalpa	458.624
Tecolotlan	Tecolotlan	258.286
Tenamaxtlan	Tenamaxtlan	498.522



Tenasco	Santa Maria de los A.	145.25
Teocaltiche	Totatiche	195.918
Teocuitatlan de C.	Teocuitatlan de C	139.145
Tepatitlan	Tepatitlan	372.537
Tizapan	Tizapan	156.088
Tolimán	Tolimán	333.747
Tolotlan	Tolotlan	312.388
Totatiche	Totatiche	195.918
Tuxcueca	Tuxcueca	139.303
Union de Tula	Union de Tula	332.755
Valle de Gpc.	Valle de Gpe.	298.02
Villa Guerrero	Villa Guerrero	293.27
Villa Obregon	Villa Obregon	121.26
Zapotlanejo	Zapotlanejo	298.844

\* Estaciones con pluviografo

CUADRO 2. LISTA DE ESTACIONES CON PLUVIOGRAFO E INDICE SELECCIONADO EN BASE A SU GRADO DE CORRELACION.

Nombre	Indice	Ecuaciones que tienen mayor Correl.	Correlacion
Atequiza 310.17	(24 hrs) /max <sup>2</sup>	Log Y=1.687 Log X=+6.402 Geometrica	0.80
Bolanos 263.712	P/n	Log Y=0.437 Log X=+2.58 Geometrica	0.97
Cihuatlan 265.432	P/p	Log Y=459.5 Log X=-36.455 Exponencial	0.86
Colotlan 211.114	P	Log Y= 1.089 Log X= +.241 Geometrica	0.85
Contla 17.154	(24Hrs) /max <sup>2</sup>	Log Y= 1.929 Log X= -1.262 Exponencial	0.88

Handwritten notes and scribbles at the bottom of the page, including "2E-03X" and "Awo".

Chapala 220.17	$\frac{2}{p/P}$	Log Y=2.464 Log X= +2.292 Exponencial	0.4584 x 10 <sup>1.45E-0.3</sup> 0.99 (A) C
El Grullo 349.853	$\frac{2}{z/P \text{ o } P}$	$\frac{2}{E/P}$ Log Y=2.221 Log X=-5.447 Geométrica P Log Y=1.407 Log X=+.017 Geométrica	RND (w) f Log Y=2.22 (log x) - 5.45 0.92
El Tuito R=332.8	P/n	Log Y=2.634 Log X= +2.024 Geométrica	Log R=2.22 (log P/n) + 2.024 0.93 (A) w (w) x
La Vega 230.49	E/P	Log Y= 3.45 Log X= -.707 Geométrica	Log Y=3.45 (log X) - 0.707 0.96
Lagos de Moreno P. 1.1.3	P/n	Log Y= 3.564 Log X= +2.495 Geométrica	Log Y=3.564 (log X) + 2.495 0.96
Tacotan 297.702	$\frac{2}{p/P}$	Log Y= 1.232 Log X= -.992 Geométrica	1.232 (log X) - .992 0.746 (A) C

Jerarquizando zonas de acuerdo a su menor o mayor agresividad de la lluvia, y siguiendo la clasificación fisiográfica de la SPP, a través del INEGI (21), podemos generalizar que:

Prioridad	Provincia Fisiográfica	Sub-provincia
1	Sierra Madre del Sur	Su totalidad
	Eje Neovolcanico	Chapala
	Eje Neovolcanico	Parte de las Sierras de Jal.
	Eje Neovolcanico	Volcanes de Colima
2	Eje Neovolcanico	Altos de Jalisco
3	Eje Neovolcanico	Guadalajara
	Sierra Madre Occidental	Mesetas y cañones del Sur
	Sierra Madre Occidental	Sierras y Valles Zacatecanos
	Mesa Central	Su totalidad.

La anterior jerarquización queda abierta a un perfeccionamiento posterior en lo que se refiere al establecimiento más exacto de estas divisiones en trabajos de cartografía.

#### Discusiones:

La estimación de la erosividad (factor R) que se presenta en este trabajo, puede sufrir modificaciones que no se cree sean importantes, sí en lo futuro se analizan las bandas de pluviógrafo de las estaciones no consultadas por estar incompletas o ser muy nuevas al momento de realizar el trabajo.

La información utilizada para establecer el mapa de isocrodetas del estado de Jalisco (Fig.6.) es la más completa y disponible en el estado.

Así mismo se constato que la metodología empleada en este trabajo, presenta concordancia con las metodologías utilizadas en investigaciones previas en otras partes del mundo para determinar el factor R de la ecuación universal, lo que nos permite puntualizar la idoneidad aceptable de la carta obtenida.

En lo referente a la distribución de las estaciones meteorológicas en el estado, observamos (Fig.3.) que es idonea y por lo tanto confiable, sobre todo en la utilización de los índices de Fournier que relacionaron los datos de pluviógrafo y pluviómetro, no así, con la distribución de las estaciones que cuentan con pluviógrafo.

La información que arroja la carta obtenida, resulta un auxiliar de gran importancia para una planeación en la conservación de suelos en el estado.

Siguiendo la clasificación de la FAO dentro de los factores climáticos tenemos que la erosión en el estado se puede clasificar como moderada.

Ademas se ve la necesidad de la investigación orientada a calcular y establecer valores en el estado para los demas factores de la ecuación con la finalidad de enriquecer el acervo tecnologico del estado en particular y Mexico en general, rubro en el que todos sabemos presentamos deficiencias muy serias.

Al estar manejando los datos de las bandas de pluviografo se observo que la erosividad se puede diferenciar claramente por estaciones, siendo mayor esta en verano y mínima en invierno, alcanzando un valor intermedio en otoño y primavera.

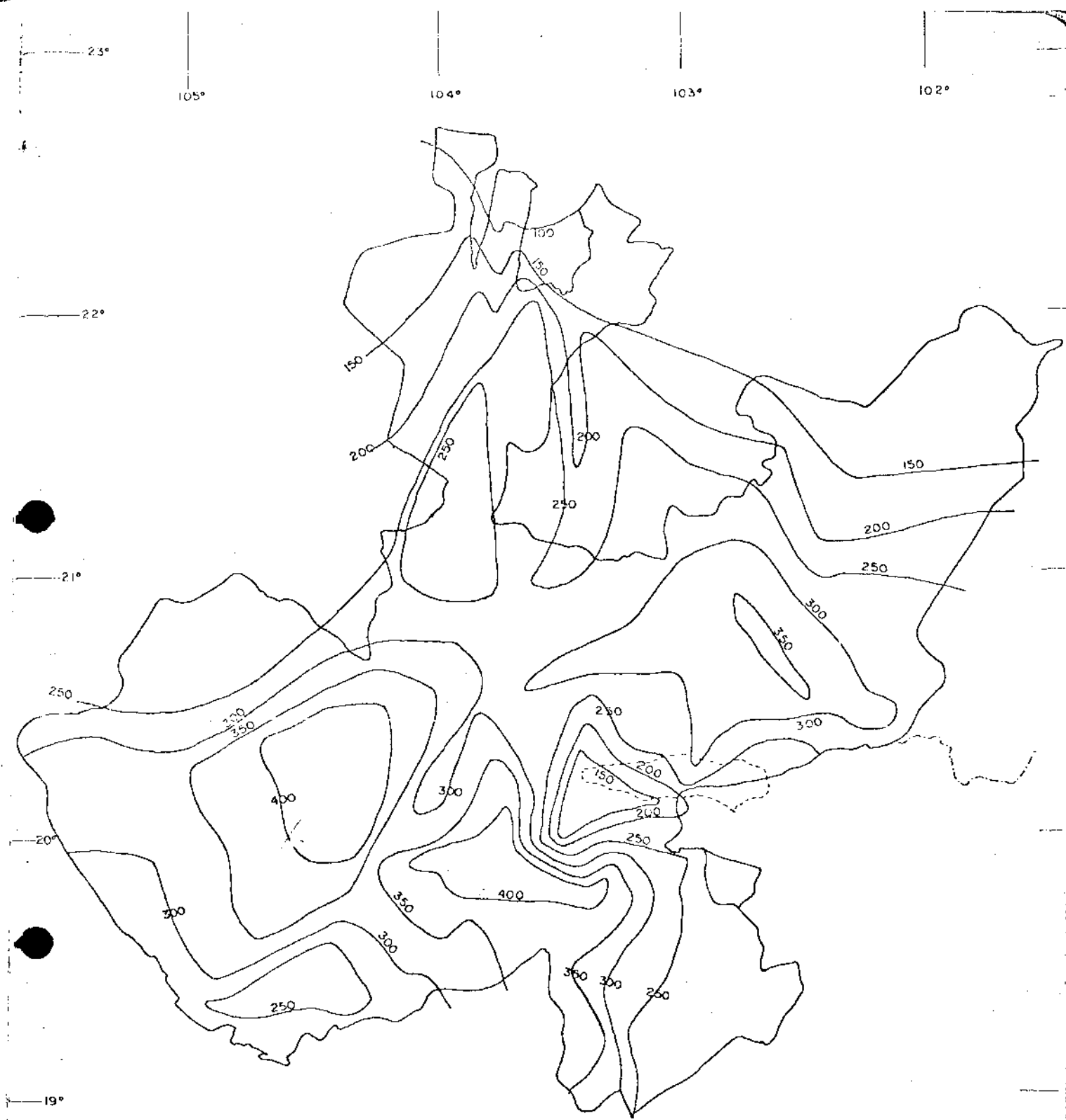


Fig. 6 ISOERODETAS del Estado de Jalisco

## VI. CONCLUSIONES

- a) Se obtuvo el mapa de isoerodetas para el estado de Jalisco.
- b) Se consultaron 101 estaciones meteorológicas en el estado.
- c) El mapa obtenido permite un uso más seguro de la ecuación universal en nuestro estado.
- d) El potencial erosivo de la lluvia para cada estación fue medida por el índice de la erosión basada en la energía cinética y la intensidad máxima en 30 minutos de la lluvia.
- e) Ahora es posible obtener estimaciones razonables de pérdida de suelo que sirvan como guía para una planeación conservacionista a nivel de una cuenca pequeña o de un predio.
- f) Los valores del índice R hallados en el estado tienen una amplitud de variación de 100 a 350 en unidades del sistema métrico decimal.
- g) La erosividad que presenta el estado la podemos clasificar como moderada (de acuerdo con la clasificación de la FAO).
- h) La erosividad de la lluvia es máxima en verano y mínima en invierno alcanzando un valor intermedio en otoño y primavera.
- i) Se generaron 11 modelos de regresión para manejar datos de pluviómetro en áreas restringidas.
- j) Los valores más altos de R en el estado se encuentran principalmente en dos provincias fisiográficas que son: Sierra Madre del Sur y Eje Neovolcánico.
- k) Es necesario y urgente la investigación orientada a calcular, adaptar y generar valores para los demás factores de la ecuación en el estado en particular, y México en general.
- l) El Servicio Meteorológico Nacional presenta una grave deficiencia de estaciones con pluviógrafo lo que dificulta la investigación sobre aspectos climáticos.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. Agricultura de Las Americas. Febrero de 1983. p18-19,48.
2. Babau, MC. 1983. La capacidad erosiva de la lluvia. Programa Mundial de Aplicaciones Climaticas. Nota informativa. No. 41. 32pp.
3. Bengtson, RL y Carter, CE. 1983. Erosion Index (R) Values for East Central Louisiana. American Society of Agricultural Engineers.
4. Bennet, H. 1974. Elementos de Conservacion del Suelo. Fondo de Cultura Economica. 427 pp.
5. Colegio de Postgraduados. 1977. Manual de Conservacion del Suelo y del Agua. SARH. SPP.
6. Curiel Ballesteros, A. 1980. Estudio sobre erosion en areas boscosas del Distrito de Huajapan de Leon, Oax. Mexico, Colegio de Postgraduados.
7. \_\_\_\_\_ 1982. Apuntes para la clase de conservacion del suelo y el agua. Universidad de Guadalajara. Facultad de Agricultura. Ineditos.
8. Diaz Maldonado, Eric Roberto A. 1983. La erosion hidrica en el el bosque de La Primavera, Jalisco. Tesis Profesional Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara.
9. Duchau Four, P.1978. Manual de Edafologia. Toray Masson Barcelona.
10. Dhruva VVN y R. Badu 1983. Estimation of soil erosion in India. Journal of irrigation and drainage engineering. pp419-434.
11. Doss R. y Hewlett J. 1984. Forests, Floods, and erosion: A Watershed Experiment in the southeastern Piedmont Society of American Foresters, Forest Science Journal Vol. 30,n No. 2. .pp424-434.
12. Estrada Berg Wolfy Ortiz Solorio. 1982. Plano de erosion hidrica del suelo en Mexico. Revista de Geografia Agricola de la Universidad Autonoma de Chapingo. No. 3. Julio.
13. Fournier, F. 1975. Conservacion de suelos. Madrid Mundi-Prensa. 252pp.

14. Foster A. 1967. Metodos aprobados en conservacion de suelos. Ed. Trillas. 411pp.
15. Garcia, Enriqueta. 1981. La moda de precipitacion, por meses durante la temporada lluviosa en Mexico. Sociedad Mexicana de Geografia y Estadistica. Memoria del VIII Congreso Nacional de Geografia 400pp.
16. \_\_\_\_\_ 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificacion Climatica de Kooppen UNAM. Instituto de Geografia. 252pp.
17. Garcia Hernandez, Fco. Javier. 1983. Proyecto de Conservacion de suelos de la depresion de los cerros del Colli-Tepopote en Zapopan, Jal. Tesis Profesional. Facultad de Agricultura. Universidad de Guadalajara. 123pp.
18. Garcia Lagos, Ricardo. 1983. Diagnostico sobre el estado actual de la erosion en Mexico. Revista Terra. de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. p11-14.
19. Hayslett, Jr. Hr. 1984. Estadistica simplificada. Compania general de ediciones 209pp.
20. Hill, FF y Stollberg, R. 1976. Fisica, fundamentos y fronteras. Publicaciones Cultural, SA. 692pp.
21. Instituto Nacional de Estadistica Geografica e Informatica. 1986. Jalisco en Sintesis. Secretaria de Programacion y Presupuesto. Mexico. 46p.
22. Koolhaas, M. 1979. El potencial erosivo de la lluvia en Uruguay. Revista Interamericana de ciencias agricolas. Turrialba, Costa Rica, Vol. 29 No. 1. 7p.
23. Little Thomas M. 1978. Metodos estadisticos para la investigacion en la agricultura. Trillas.
24. Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion. 1983. Mantengamos viva la Tierra: Causas y remedios de la erosion del suelo. Editorial FAO. Roma.
25. \_\_\_\_\_ 1978. La erosion del suelo por el agua. 2a. ed. Editorial FAO. Roma.
26. Ortiz Solorio, Carlos A. 1984. Elementos de Agrometeorologia Cuantitativa. Departamento de Suelos. Universidad Autonoma Chapingo. 235pp.

27. \_\_\_\_\_ y Ortiz Villanueva B. 1980. Edafologia. 3a. ed. Departamento de suelos. Universidad Autonoma Chapingo. 331pp.
28. Ortiz Monasterio, Rafael. 1956. Ingenieria hidraulica en Mexico. Serie "Los recursos agrologicos de la Republica Mexicana". En/Feb/Mzp47.
29. Salgado Perez, F. 1961. Dinamica de la Conservacion del Suelo y del Agua en Mexico. 2a. ed. Direccion de Conservacion del Suelo y del Agua.
30. SARH. Direccion general de conservacion del suelo y agua. 1984. Inventario de los diferentes grados de afectacion por erosion en el estado de Jalisco mediante imagenes de satelite escala 1:250,000. 87p.
31. Servicio de Consevacion de Suelos, Departamento de Agricultura de los EUA. 1980. 3a. ed. Manual de Conservacion de Suelos. Ed. Limusa. 332pp.
32. Torrez Ruiz Edmundo. 1981. Manual de conservacion de Suelos Agricolas. Diana. 164pp.
33. Vander M. s/fecha. Fisica General. Schaum, Mcgraw-Hill. 274pp.
34. Wischmeier, W. 1978. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. Washinton, Department of Agriculture.
35. Zarazua Villaseñor, Patricia. 1986. Uso de modelos para la determinacion de erosion hidrica en bosques templados de Mexico. Tesis Profesional. Facultad de Agricultura. Universidad de Guadalajara. 87pp.