

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

ESCUELA DE AGRICULTURA



EROSION ACTUAL DE LA ZONA ORIENTAL DEL ESTADO  
DE JALISCO POR EL METODO FAO-UNESCO.

TESIS QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO AGRONOMO EN LA ORIENTACION  
DE BOSQUES

P R E S E N T A:

LUIS ERNESTO GARCIA GARCIA

Guadalajara, Jal., Junio de 1984.



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
Escuela de Agricultura

Expediente .....  
Número .....

Mayo 23, 1981.

**C. PROFESORES**

**ING. ANTONIO GONZALEZ CALLESTEROS, Director.**  
**ING. SALVADOR TENA MADRIGAL, Asesor.**  
**ING. EZEQUIEL MONTES ROELAS, Asesor.**

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

**"EROSION ACTUAL DE LA ZONA ORIENTAL DEL ESTADO DE JALISCO POR EL METODO FAO-UNESCO."**

presentado por el PASANTE LUIS ERNESTO GARCIA GARCIA  
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.

**"PIENSA Y TRAJAJA"**  
**EL SECRETARIO.**

**ING. JOSE ANTONIO SANCHEZ MADRIGAL.**



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

## Escuela de Agricultura

Expediente .....

Número .....

Mayo 28, 1983.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

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

LUIS ERNESTO GARCIA GARCIA \_\_\_\_\_ titulada,

"EROSION ACTUAL DE LA ZONA ORIENTAL DEL ESTADO DE JALISCO POR EL METODO  
'FAO-UNESCO'".

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma,

DIRECTOR.

\_\_\_\_\_  
ING. ARTURO CORTES BALLESTEROS

ASESOR

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

ASESOR

\_\_\_\_\_  
ING. EZEQUIEL MONTES RUELAS.

hlg.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número

a mi Padre y Madre  
con profundo cariño

El autor

## AGRADECIMIENTOS

En mi formación profesional intervinieron de manera directa e indirecta muchas personas e instituciones; el reconocimiento y agradecimiento constituye lo mínimo para ellas, aun cuando no sea posible mencionarlas todas en este lugar.

Debo a mi familia, García García y a López Sierra y al Sr. Juan Acosta el estímulo y apoyo que han influenciado de manera buena para llegar a una realización mas.

Menciono especial gratitud a mis excondicpulos Arturo Ruiz, Isabel Méndez y Sergio González por las enseñanzas mutuas realizadas a través de varios años.

También citare el apoyo aportado para la realización del presente trabajo, al director de tesis Arturo Curiel, a los asesores Ezequiel Montes y Salvador Mena.

No podría omitir a la Escuela de Agricultura, al Instituto de Madera, Celulosa y Papel y al Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara.

Otras personas que no quiero dejar de mencionar son Salvador Hurtado, Jorge Aviña y Martín Mendoza.

# I N D I C E

	PAG.
I INTRODUCCION	1
1.- Objetivos	2
2.- Supuestos	2
II REVISION DE LITERATURA	3
1.- Métodos para evaluar la erosión hídrica	5
2.- Características de los suelos según clasificación FAO	7
3.- Antecedentes de estudios sobre erosión hídrica en México	13
4.- Datos geográficos de la región oriente de Jalisco	14
4.1 Geología Histórica	14
4.2 Climas	17
4.3 Vegetación	19
4.4 Cuencas Hidrológicas	20
4.5 Agricultura	21
III MATERIALES Y METODOS	25
1.- Elaboración del mapa del factor "R"	26
2.- Elaboración del mapa del factor "K"	26
3.- Elaboración del mapa del factor "C"	28
4.- Elaboración del mapa del factor "T"	28
5.- Elaboración del mapa final	29
6.- Análisis estadístico matemático	30
IV RESULTADOS Y. DISCUSIONES	33
V CONCLUSIONES	38
VI LITERATURA CITADA	40
APENDICE	42

## I INTRODUCCION

El suelo es un recurso natural renovable, de donde el hombre obtiene ciertos beneficios indispensables para su existencia. Además, el suelo es un elemento de ciertas estructuras ecológicas, en donde es "factor" y "producto" de muchos organismos vegetales y animales.

Ahora bien, cuando el hombre decide obtener los beneficios del suelo y vegetación, realiza ciertas acciones para lograrlo, que se le pueden denominar "manejo del recurso", a éstas, se les conoce como agricultura, pastoreo, aprovechamientos forestales, etc.

Estas actividades tienen ciertas etapas, que se realizan con el objeto de ocasionar, supuestamente, determinados efectos, pensando que son correctos, muchos sí lo son, pero también pueden suceder varios resultados no deseables, así, cuando se tienen más resultados negativos que positivos, se está haciendo un "mal manejo" del recurso.

Un problema típico del mal manejo es, la pérdida del suelo por el agua en una forma no controlada y no es una situación apropiada porque para obtener una buena capa de suelo, se requiere varioscientos de años de trabajo de la naturaleza.

Ante la magnitud del problema de erosión hídrica y sabiendo que se encuentra muy extendida y su distribución y el área afectada se conocen muy aproximadamente, se consideró conveniente cartografiarla y evaluarla, para lo cual, se recomienda el método FAO y además porque las observaciones y mediciones directas sobre el terreno son inadecuadas en las áreas extensas.

Cabe advertir que tal metodología no es para fines predictivos, sino únicamente para hacer comparaciones.

## 1.- Objetivos

El presente trabajo constituye hasta donde se conoce, uno de los primeros para una Región del Estado de Jalisco a nivel municipal y tiene como objetivos:

- a). Elaborar un mapa donde se indique los lugares y los grados de erosión hídrica posibles en la región oriente de Jalisco.
- b). Hacer una jerarquización a nivel municipio según sus grados de erosión.
- c). Conocer que tanta relación tiene la pérdida de suelo con cada uno de los factores que presenta en método FAO.
- d). Conocer cuanto de la pérdida de suelo es explicada -- por cada uno de los factores que presenta el método FAO.

## 2.- Supuestos

Los supuestos que se considerarán en este estudio son los siguientes:

- a). La metodología provisional FAO es buena para evaluar y cartografiar la erosión hídrica de la región.
- b). El número de estaciones meteorológicas para determinar erosividad son suficientes.
- c). La información cartográfica es valedera para el tiempo presente.
- d). La escala 1:250 000 es aceptable para el tamaño de -- área de la región.
- e). El sesgo entre las evaluaciones de pérdida de suelo -- por el método FAO son aceptables para los objetivos perseguidos.

## II REVISIÓN DE LITERATURA

El C.P. (1977) menciona que la erosión de la superficie - del suelo es un proceso físico que consiste en el desprendimiento y -- arrastre de las partículas edáficas por los agentes del intemperismo.- El meollo de tal situación, es cuando la acción el hombre se agrega a los agentes naturales, ocasionando una erosión inducida y acelerada, - que es mucho mayor por su cantidad de pérdida de suelo que la erosión-natural o normal. Cuando actúa el agua como agente erosivo, el efecto se le denomina "erosión hídrica".

Las consecuencias de la erosión hídrica son variadas; a - grandes rasgos se tiene por ejemplo, FAO (1979) menciona que se ocasio na una degradación del suelo, ésto es, se forma un proceso que rebaja- la capacidad y potencial del suelo para producir cuantitativamente y - cualitativamente bienes y servicios, afectando de esta manera directa- mente al humano, ocasionando pobreza y abandono de terrenos agrícolas.

Además, con respecto al ámbito ecológico se tiene que - - Terrazas (1977) obtuvo pérdidas en terreno agrícola de nutrientes en - cantidades variables (hasta 67 Kg/ha.), según de que elemento se trata ba.

Los nutrientes junto con las partículas sólidas realizan- un recorrido por ríos y embalses de agua (presas, lagunas), mientras - tanto (Mahoney, 1981), se alteran las características físicas y quími- cas de estos ambientes acuáticos, como son el grado de turbiedad, sedi- mentación de partículas finas y gruesas, cantidad de sólidos disueltos etc, Goldman (1965) citado por Odum, encontró que en un lago el exce- so de Cobalto como el de macroelementos nutritivos pueden ser limitati- vos para el fitoplacton.

Terrazas (op. cit.), también menciona que cuando las par- tículas y nutrimentos llegan a las zonas de depósito de aguas, se cau-

sa problemas de acumulación de sales y/o  $\text{Na}^+$ , azolve de canales de navegación, alteración de la morfología y estabilidad de la red de drenaje, etc.

## 1.- Métodos para evaluar la Erosión Hídrica

FAO (1979) menciona que existe una serie de métodos que pueden contribuir a la evaluación de la degradación de los suelos, de los cuales los más importantes son:

- a. Observaciones y mediciones directas
- b. Empleo de teledetección
- c. Modelos matemáticos
- d. Métodos paramétricos

Dentro de los métodos paramétricos para la evaluación de la erosión hídrica existe una ecuación paramétrica, la "Ecuación universal de pérdidas de suelo" (USLE) de Wischmeier. Esta ecuación tiene sus fundamentos científicos y se utiliza para predecir la erosión y evaluar las necesidades de conservación del suelo. Esta ecuación es la siguiente:

$$A = R K L S C P \quad \text{en donde}$$

A = Pérdida de suelo computada en toneladas por año de por unidad de superficie, que se obtiene multiplicando los factores restantes.

R = Factor lluvia, número de unidades de índice de erosión (EI) en el período de que se trate. El índice de erosión es la medida de la fuerza erosiva de una lluvia determinada.

K = Factor erosionabilidad del suelo; velocidad de erosión por unidad de índice de erosión para un suelo determinado en barbecho continuo cultivado, con un declive de 9% y longitud de 22.1 m.

L = Factor longitud del declive; relación entre la pérdida de suelo correspondiente a la longitud del declive del terreno y la correspondiente a una longitud de 22.1 m, en iguales tipo y pendiente

te del suelo.

S = Factor pendiente del declive; relación entre la pérdida de suelo correspondiente a la pendiente del terreno y la correspondiente a un declive de 9%, en iguales tipo del suelo y longitud del declive.

C = Factor cultivo-explotación; relación entre la pérdida de suelo de un terreno sometido a determinados cultivos y explotación y la que ocurre en las condiciones de barbecho en que se evalúa - el factor K.

P = Factor prácticas de medidas de lucha contra la erosión; relación entre la pérdida de suelo en un terreno en el cual se efectúa el cultivo a nivel, el cultivo en fajas o el cultivo en terrazas y la de un terreno en que el cultivo se hace en surcos rectos en - dirección de la pendiente.

FAO (op. cit.), al realizar una evaluación de erosión hídrica a una escala 1:5 000 000 modificó y utilizó una fórmula simplificada derivada de la USLE, y además utilizó valores aproximados para ca da factor que representan medias promediadas de áreas extensas.

Otra manera de evaluar la erosión, Reon (1975) ha estimado que el levantamiento fisiográfico modificado puede definir polí--cas regionales y programas de conservación de suelos, además conocer - el tipo de erosión dominante y la zona afectada.

## 2.- Características de los suelos según clasificación FAO

Dentro de la región de estudio y utilizando las cartas edafológicas editadas por DGGIN muestran que existe en tal zona varios tipos de suelos, éstos tienen una denominación en base al sistema de clasificación FAO-UNESCO en donde cada unidad representa un patrón de suelo. A continuación se presentan en forma general las características de cada unidad encontrada, para ello se recurrirá a Fitz Patrick (1984) y a DGGIN (1981).

-Planosol (del latín planus = plano, nivelado, suelo plano).

Se caracterizan por presentar, debajo de la capa más superficial, una capa más o menos delgada (horizonte E álbico) que es infértil y ácida, es de un material claro que es siempre menos arcilloso que los horizontes que lo cubren y lo subyacen (el horizonte que lo subyace es de permeabilidad lenta p. ej. un B argílico, B nátrico o un fragipan, se encuentra dentro de una profundidad de 125 cm.). Su vegetación es de pastizal, son susceptibles a la erosión, sobre todo las capas superiores. En México se encuentran en climas semiáridos, Su símbolo es W.

Planosol mólico (del latín mollis = suave): tiene una capa superficial fértil oscura y rica en materia orgánica (horizonte Amólico o un H éútrico hístico), su símbolo es Wm,

Planosol éútrico (del griego eu = bueno): son suelos fértiles (horizonte A ócricoy una saturación de bases de 50%), su símbolo es We.

-Xerosol (del griego xeros = seco. Suelo seco).

Se caracterizan por tener una capa superficial de color -

claro y muy pobre en humus (horizonte A ócrico débil, calcáreo limoso). Debajo de ella puede haber un subsuelo rico en arcillas, o bien muy semejante a la capa superficial (horizonte B cámbico, B argílico, un horizonte cálcico o un gypcico). Muchas veces presentan a cierta profundidad manchas, polvo o aglomeraciones de cal, y cristales de yeso, o caliche, de mayor o menor dureza. A veces son salinos o muy fértiles. Se encuentran localizados en las zonas áridas y semiáridas. Su simbología es X.

Xerol háptico (del griego haplos = simple): no tienen más horizonte de diagnóstico que un horizonte A ócrico débil y un B cámbico (no horizontes cálcico, gypcico o un B argílico), su representación es Xh.

-Litosol (del griego lithos = piedra. Suelo de piedra).

Son suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por tener una profundidad menor o igual de 10 cm hasta la roca, tepetate o caliche duro.

Sus características son muy variables, están en función del material que los forman, pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos. No tiene subunidades, su símbolo es I.

-Fluvisol (del latín fluvis = río. Suelo de río).

Suelos desarrollados de depósitos aluviales recientes (sedimentos fluviales, marinos, lacustres o coluviales), que no tienen más horizontes de diagnóstico (a menos que estén enterrados por 50 cm o más de material nuevo) que un A ócrico o un A úmbrico, un H hístico o un horizonte sulfúrico. Son suelos muy poco desarrollados, se encuentran en todos los climas y regiones de México. Pueden presentar capas alternadas de arena, arcilla o grava. Pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles, en función del tipo de materiales que lo forman. Su símbolo es J.

Fluvisol éutrico (del griego eu = bueno): son suelos que no presentan horizontes calcáreos, sulfúrico o sulfuroso y además tienen una saturación de bases mayor del 50% a una profundidad de 20 a 50-cm.

-Feozem (del griego phaeo - oscuro; y del ruso zemljá = tierra).

Presentan una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes (horizonte A mólico), además no presentan capas ricas en cal (horizonte cálcico, gypcico o concentraciones de cal suave pulverulenta dentro de los primeros 125 cm de profundidad); carecen de un horizonte B nátrico y B ótrico. Son suelos abundantes en México, se encuentran desde zonas semiáridas, hasta templadas o tropicales muy lluviosas, desde terrenos planos hasta montañosos. Se representan con H.

Feozem lúvico (del latín luvi, luo = lavar): con un horizonte A mólico y un B argílico. Algunos de estos suelos pueden ser algo más infértiles y ácidos que la mayoría de los feozems. Símbolo Hl.

Feozem háptico (del griego haplos = simple): tiene sólo las características descritas para la unidad feozem. Su símbolo Hh.

-Cambisol (del latín cambiare = cambiar). Suelo que cambia. Cambia en color, estructura y consistencia resultado de la intemperización insitu) Se presentan en cualquier clima, menos en zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece más suelo de roca, ya que en ella se forman terrones (horizonte B cámbico a menos que esté cubierto por 50 cm o más de material nuevo), además pueden presentar acumulación de algunos materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso, etc. (horizonte cálcico o un gypcico). Otro horizonte característico es un A ótrico o úmbrico. El horizonte B cámbico puede faltar cuando hay presente un horizonte A úmbrico de más de 25 cm de espesor. Son suelos jóvenes y poco desarrollados. -

Sú símbolo es B.

Cambisol ferrálico (de los símbolos químicos Fe y Al, - - hierro y aluminio): tienen en el subsuelo unas manchas rojas o amarillas muy notables, y muy baja capacidad para retener nutrientes (capacidad de intercambio catiónico menor de 24 me por 100 g de arcilla), tienen horizonte A ócrico y B cámbico. Su símbolo es Bf.

Cambisol éutrico (del griego eu = bueno): presentan las características indicadas solamente para la unidad de cambisol (A ócrico y mayor de 50% de saturación de bases). Su símbolo es Be.

- Luvisol (del latín luvi, luo = lavar; connotativa de la acumulación iluvial de arcilla).

Suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales-lluviosas, aunque a veces se encuentran en climas algo más secos. Tienen un enriquecimiento de arcillas en el subsuelo (horizonte B árgilico-con mayor de 50% de saturación de bases, carecen de horizonte A mólico-y E álbico). Son frecuentemente rojos o claros, aunque también presentan tonos pardos o grises. Su símbolo es L.

Luvisol férrico (del latín ferrum = hierro): presentan manchas rojas de hierro en el subsuelo, y son bastante ácidos e infértiles. Su símbolo es Lf.

-Regosol (del griego rhegos = manto, cobija; connotativa del manto de material suelto situado sobre laroca).

Son suelos que se encuentran en muy diversos climas y tipos de vegetación. No presentan capas distintas (sólo presentan un horizonte A ócrico). En general son claros y se parecen bastante a la roca que los subyace, cuando no son profundos. Frecuentemente son someros, su fertilidad variable. Constituyen la etapa inicial de formación

de un gran número de suelos. Su símbolo es R.

Regosol éútrico (del griego eu = bueno): son de fertilidad moderada a alta (horizonte A ótrico y una saturación de bases de 50% entre los 20 y 50 cm de profundidad). Su símbolo es Re.

-Vertisol (del latín verto = voltear; connotativa de volteo hacia abajo de la superficie del suelo).

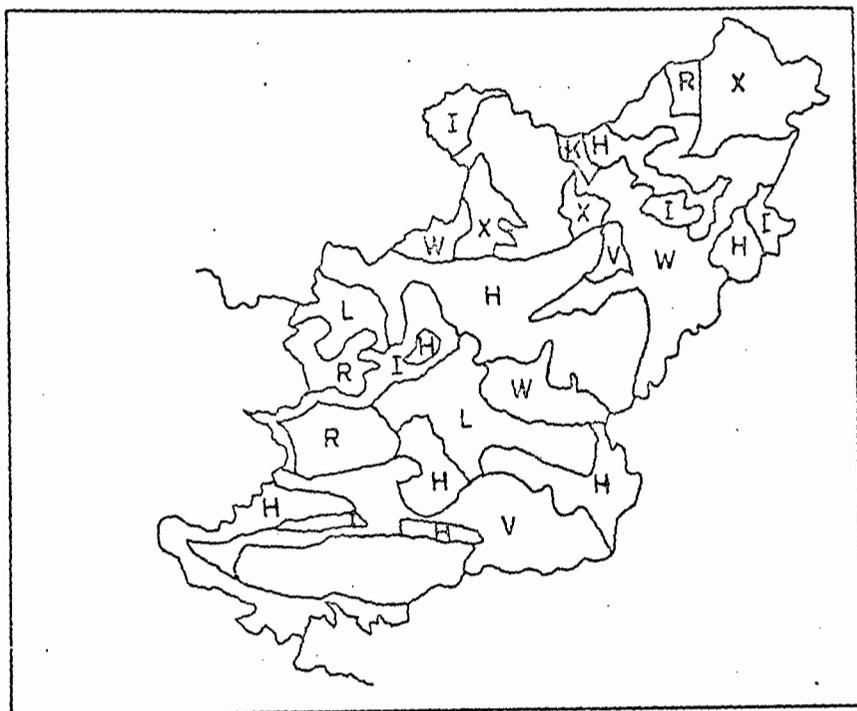
Son suelos que se presentan en climas templados y cálidos, en zonas en las que hay una estación seca y otra lluviosa. Son suelos que después de haber mezclado los 20 cm superiores, tienen 30% o más de arcilla en todos los horizontes, no menor de 50 cm. Tienen textura uniforme fina o muy fina y un contenido bajo de materia orgánica (dominación de la arcilla expandente, por lo general montmorillonita). Son pezagosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos son casi siempre muy fértiles ya veces son salinos. Su símbolo es V.

Vertisol pélico (del griego pellos = grisáceo): son negros o grises oscuros. Su símbolo es Vp.

-Castañozem (del latín castaneo = castaño y del ruso zemljá = tierra. Tierra castaña).

Estos suelos se encuentran en zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos. Presentan una capa superior de color pardo o rojizo oscuro, rica en materia orgánica y nutrientes (horizonte A mólico), acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo (horizonte cálcico o gypcico o concentraciones de cal suave pulverulenta en los primeros 125 cm de profundidad, carentes de B nátrico). Se representan con K.

Castañozem háptico (del griego háptico = simple): acumulación de caliche suelto en pequeñas manchas blancas dispersas o en una capa de color claro oscuro de menos de 15 cm de espesor. Su símbolo es Kh.



## Claves

X = xerosol  
 I = litosol  
 W = planosol  
 V = vertisol

R = regosol  
 H = feozem  
 L = luvisol  
 K = castañozem

Fig. 1. Distribución generalizada de unidades edáficas.

Fuente: Síntesis geográfica de Jalisco (1981).

### 3.- Antecedentes de Estudios Sobre Erosión Hídrica en México.

Según Ortiz y Estrada (1982) los informes sobre inventarios y cartografía de erosión en México a nivel nacional son dos. El primero publicado en 1954 por el Departamento de Agricultura de EUA y -FAO "Estudio de la erosión del suelo en la América Latina", fue elaborado a una escala 1:10 000 000 y con una presentación de cinco niveles de erosión. El segundo estudio fue realizado por la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua en el año de 1972, titulado "Estimación de las superficies erosionadas del suelo", se realizó en base al censo de 1960, reporta datos de superficie afectada por la erosión a nivel es total, además utiliza cinco niveles de afectación.

Ortiz y Estrada (op. cit), hicieron un mapa denominado -- "Plano de erosión hídrica del suelo en México", fue elaborado en base a la metodología FAO de 1979. Se tiene a una escala de 1:2 000 000 y con cuatro niveles de pérdida de suelo. Se obtuvo que el Estado de Jalisco presenta en su superficie:

27.42% erosión ligera  
26.33% erosión moderada  
18.83% erosión alta  
25.03% erosión severa

#### 4.- Datos geográficos de la Región Oriente de Jalisco.

La presentación de este punto se hace principalmente por medio de figuras, porque se desea facilitar el manejo de la información geográfica de la región.

##### 4.1 Geología histórica

Las principales estructuras geológicas que se presentan en esta región son aparatos volcánicos, coladas de lava, fracturas y fallas normales, que han dado origen a los amplios valles, fosas tectónicas y sierras, delineando ciertas zonas con relieve característico (fig 2).

a).- La provincia fisiográfica Mesa del Centro es tuvo emergida durante los periodos Triásico y Jurásico, pero en los periodos Jurásico Superior y Cretácico Inferior permaneció sumergida en las aguas del mar. Desde el Cretácico Superior a la fecha ya ha permanecido esta región emergida, y está formada por una gran planicie.

b).- La provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental se constituyó a merced de la actividad orogénica y volcánica a mediados del periodo Terciario (Oligoceno y Mioceno), principalmente, ya que también hubo actividad a finales del Terciario y principios del Cuaternario.

c).- La provincia Eje Volcánico Transversal se formó por la actividad epeirogénica y la intensa actividad volcánica su cedida a finales del Terciario (Plioceno) y principios del Cuaternario (Pleistoceno), aunque aparentemente perdura aún en nuestros días. Lo anterior fue mencionado por Rzedowski (1981).

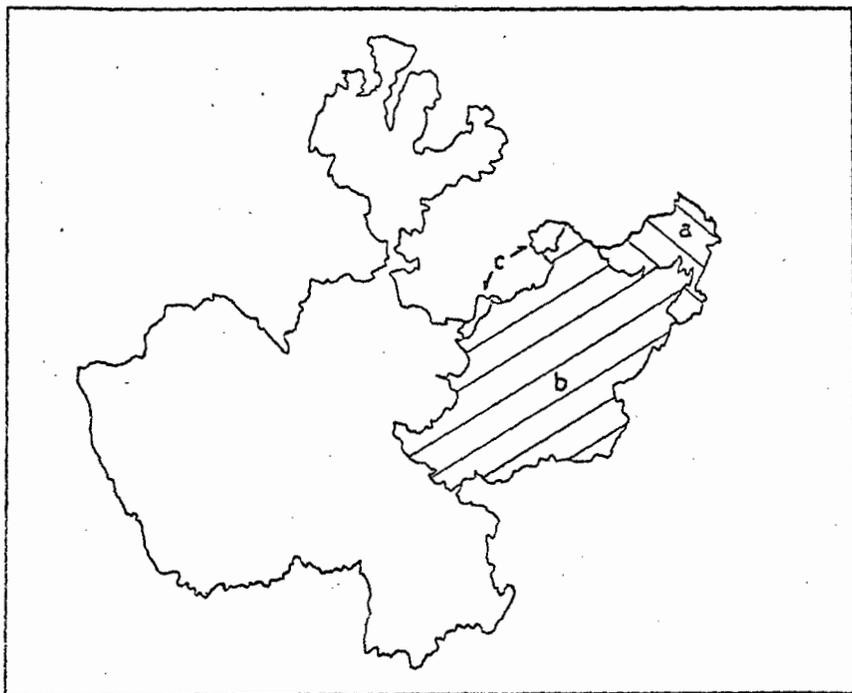
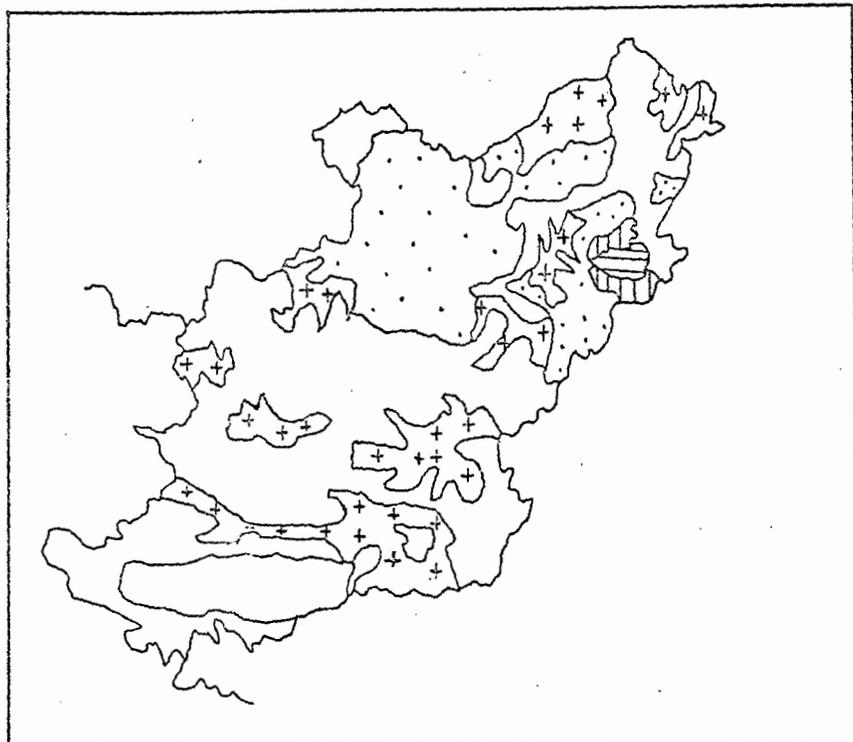


Fig. 2. Ubicación en el Estado de Jalisco la región de trabajo y sus provincias fisiográficas.  
Fuente: Síntesis geográfica de Jalisco (1981).

Con respecto al Lago de Chapala sólo se menciona que se formó por hundimiento tectónico durante el Terciario (Eoceno y Oligoceno), e inundada por las aguas continentales que no encontraron salida al mar por la obstrucción orogénica y formaciones volcánicas. Se debe indicar que cuando aconteció el tiempo glacial, en nuestras latitudes (19°N) fue tiempo pluvial, lo cual aumentó la extensión del antiguo Lago de Chapala, quedando ahora un relicto acuífero. Díaz (1946).



### Simbología

-  Rocas metamórficas: filita, pizarra, esquistos (triásico).
-  Rocas ígneas intrusivas: granito, granodiorita, diorita, sienita (Terciario).
-  Rocas ígneas extrusivas: riolita, tobas, brecha volcánica, andesita, basalto (terciario).
-  Sedimentarias ciásticas: areniscas, conglomerado (Terciario).
-  Suelo sedimentario: aluvial, residual, lacustre (Cuartenario).

Fig. 3. Litología superficial

Fuente: Síntesis geográfica de Jalisco (1981).

#### 4.1 Climas

El clima presenta grandes contrastes debidos a la conformación variada del relieve y a la influencia de masas lacustres. El clima afecta en forma particular el desarrollo de las características físicas, culturales y socioeconómicas. En esta zona se presentan condiciones favorables para el aprovechamiento de una gran variedad de recursos, una amplia gama de cultivos y áreas propicias para asentamientos humanos e industriales.

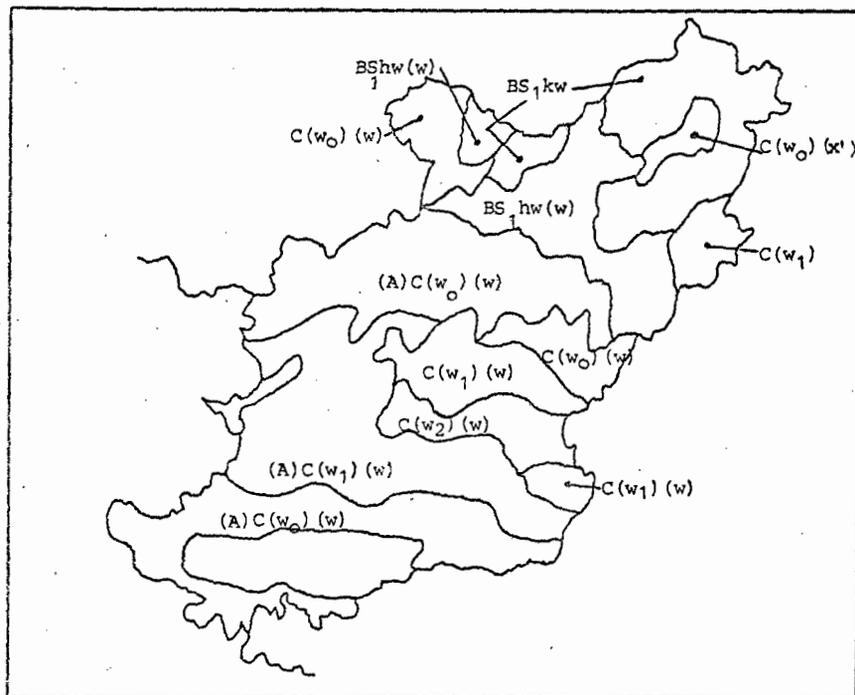


Fig. 4. Principales tipos de climas según Köppen.

Fuente: Síntesis geográfica de Jalisco (1981).

## Descripción

1.-  $BS_1kw$ : semiseco templado, precipitación entre 500 y - 600 mm, temperatura entre  $12^\circ$  y  $18^\circ$  C, lluvia invernal entre 5 y 10%.

2.-  $BS_1hw(w)$ : semiseco semicálido, precipitación 700 mm, - temperatura  $18^\circ$ C, lluvia invernal menor 5%.

3.-  $C(W_0) (x')$ : templado subhúmedo, precipitación entre - 700 y 800 mm, temperatura mayor  $16^\circ$ C, lluvia invernal mayor del 10%.

4.-  $C(W_1)$ : Templado subhúmedo, precipitación mayor de 800 mm, temperatura entre  $16^\circ$  y  $18^\circ$ C, lluvia invernal entre 5 y 10%.

5.-  $C(W_0) (W)$ : templado subhúmedo, precipitación entre -- 700 y 800 mm, temperatura mayor  $16^\circ$ C, lluvia invernal menor 5%.

6.-  $C(W_1) (w)$ : templado subhúmedo, precipitación mayor -- 800 mm, temperatura entre  $14^\circ$  y  $18^\circ$  C, lluvia invernal menor 5%.

7.-  $C(w_2) (w)$ : templado subhúmedo, precipitación mayor -- 1,000 mm, temperatura entre  $18^\circ$  y  $22^\circ$  C, lluvia invernal menor 5%.

8.-  $(A)C(w_0) (W)$ : semicálido subhúmedo, precipitación ma-- yor 700 mm, temperatura entre  $22^\circ$  y  $28^\circ$  C, lluvia invernal menor 5%.

9.-  $(A)C(w_1) (W)$ : semicálido subhúmedo, precipitación en-- tre 800 y 1,000 mm, temperatura entre  $18^\circ$  y  $22^\circ$  C, lluvia invernal me-- nor de 5%.

10.  $Aw_0 (w)$ : cálido subhúmedo, precipitación entre 800 y - 1,200 mm, temperatura mayor a  $22^\circ$  C, lluvia invernal menor 5%.

### 4.3 Vegetación

En la región por su mosaico adáptico y climático que son dos factores determinantes en la presencia y distribución de la vegetación presenta diferentes tipos de comunidades vegetales. Estas se representan a grandes rasgos en la figura 5.

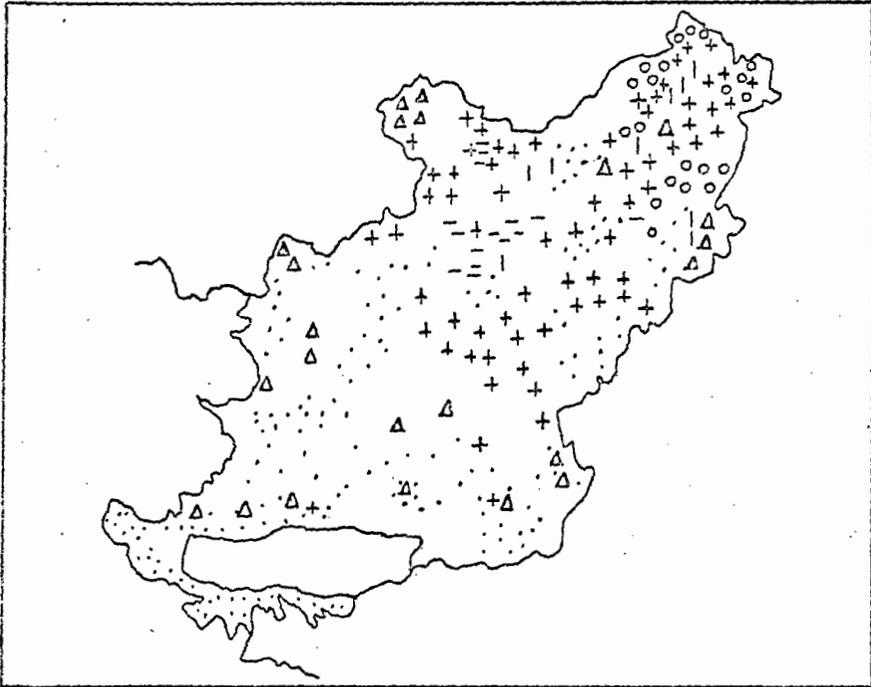


Fig. 5. Tipos y distribución de la vegetación

Fuente: Síntesis geográfica de Jalisco (1981)

Simbología y principales especies de cada comunidad vegetal.

- ○ Nopalera: Opuntia streptocantha, O. leucotricha, O. inbricata, O. robusta, Yucca sp.
- + + Pastizal-Huizachal: Natural Bouteloua sp., Aristida sp., -- Mühlenbergia sp., Andropogon sp., Ennepogon sp., Prosopis sp. Inducido Lycurus sp., Rhynchelytrum sp., Cloris sp., Setaria sp., Eragrostis sp., Celtis sp., Sporobulus sp., Paspalum sp.

Acacia spp, Eysenhardtia sp.

▣▣▣ Chaparral: Prosopis juliflora, Quercus spp, Acacia sp, Arctostaphylos sp, Opuntia sp, pastos.

▣▣▣ Tascate: Juniperus flaccida.

▣▣▣ Bosque de encino: Quercus candicans, Q. magnoliifolia, Q. castanea, Arbutus sp, Arctostaphylos sp, Verbesinasp.

▣▣▣ Matorral subtropical: Acacia spp, Prosopis sp, Mimosa sp, -- Bursera sp, Ipomoea sp, Heliocarpus sp, Lysiloma sp, Tecoma sp, Tagetes sp, Vervesina sp, Baccharis sp, Jatropha sp, Asclepias sp, Salvia sp, Forestiera sp, Dodonaea sp, Croton sp, Tridens, sp.

▣▣▣ Agricultura: maíz, sorgo, frijol, garbanzo, trigo, chile, alfalfa, linaza, jitmate, avena, calabaza, maguey, cebolla, papa, camote.

#### 4.4 Cuencas hidrológicas

Una cuenca hidrológica es la representación de una área con escurrimientos de lluvia, cuyas aguas concurren a un punto de salida.

Toda cuenca está limitada por una línea (parteaguas), formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que cruza la o las -- corrientes en los lugares de salida, además constituye la división de -- cuencas adyacentes. En este punto se tiene interés de saber que río -- principal recibirán supuestamente los componentes edáficos ocasionados -- por la erosión hídrica en el suelo (fig. 6).

Región Hidrológica Lerma-Chapala-Santiago:

I - Cuenca Río Verde Grande

E - Cuenca Río Santiago-Guadalajara

B - Cuenca Lerma-Santiago

C - Cuenca Lerma-Chapala

D - Cuenca Chapala

F - Cuenca San Pablo y otras (pertenece a otra región hidrológica)

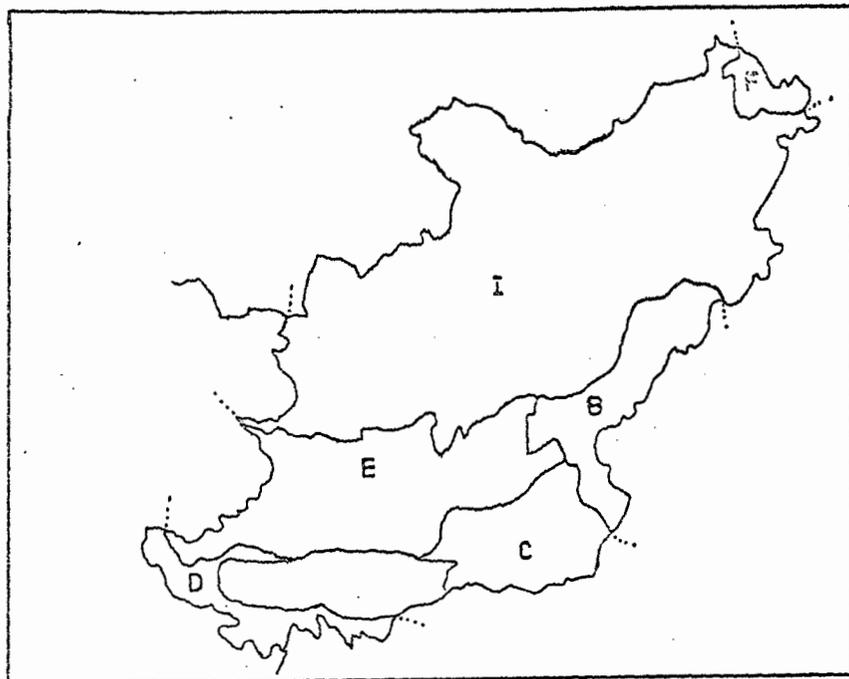


Fig. 6 Representación de una parte de varias cuencas

Fuente: Síntesis geográfica de Jalisco.

#### 4.5 Agricultura

En esta región, la agricultura se practica en muy amplias superficies de terreno, además esta actividad se desarrolla con algunas variantes definidas principalmente por las características físicas del suelo, las cuales principalmente son (fig. 7).

Agricultura de temporal (lluvia suficiente).

a).- Suelos de mediana a alta profundidad y fertilidad, pendientes menores al 6%, y pedregosidad de escasa a moderada (en lomeríos suaves, valles, depresiones). Hay buenas cosechas, la labranza es mecanizada y con tracción animal, el uso de fertilizantes y pesticidas -

es generalizado y la producción es destinada al comercio regional y auto consumo.

b).- Suelos de mediana a poca profundidad y fertilidad, -- pendientes y pedregosidad moderada (lomerío de colinas redondeadas, laderas escalonadas, grandes mesetas), la actividad se desarrolla con las -- mismas características que la anterior.

c).- Suelos secos, baja fertilidad, pendiente moderada a fuertes (cañadas, cañón, laderas escarpadas), la labranza es por trac--- ción animal y manual, el uso de fertilizantes y pastizadas de escaso y - su manejo inadecuado.

d).- Suelos de mediana a alta profundidad pero de mediana- a baja fertilidad, con pendientes suaves, en este caso, la labranza es - mecanizada y de tracción animal, pero el uso de fertilizantes y pesticidas carece de dirección.

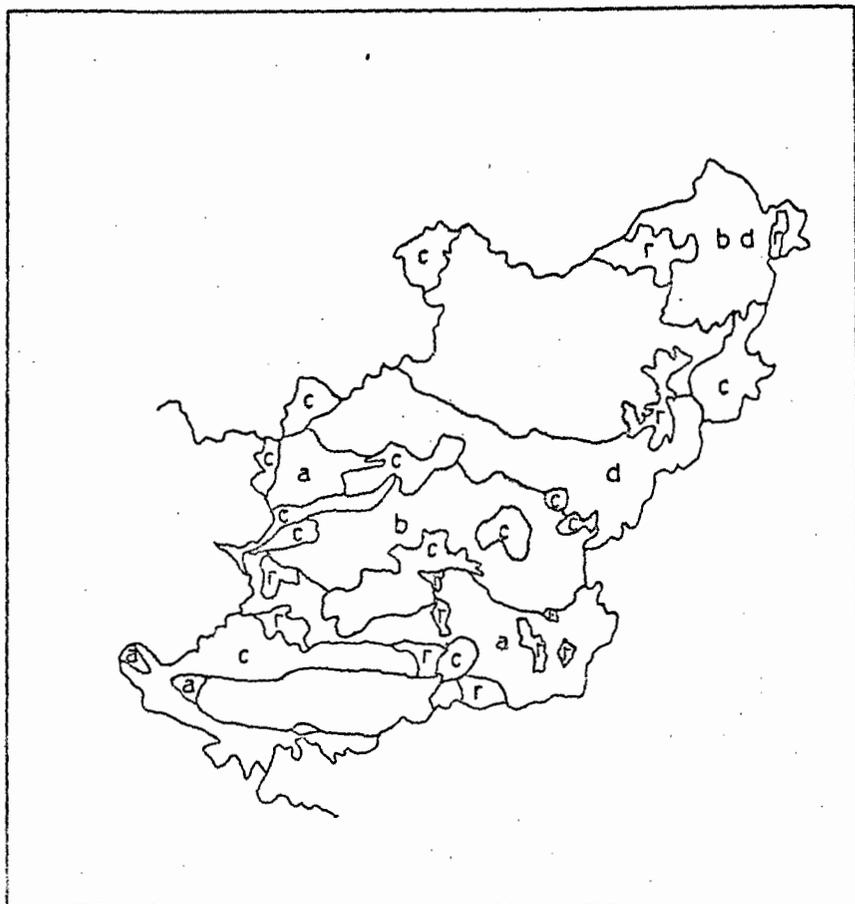


Fig. 7 Variantes de agricultura en función a las características físicas del suelo.

Fuente: Síntesis geográfica de Jalisco

#### Agricultura de temporal y riego

Es utilizada cuando el agua no alcanza para dar riegos completos y consta únicamente de riegos de punteo o auxilio; la labranza es mecanizada y de tracción animal, el agua proviene de presas bordos o de ríos, los fertilizantes y pesticidas si son utilizados generalmente.

#### Agricultura de riego

En suelos de mediana a alta profundidad y fertilidad, con pendientes menores del 3% y escasa pedregosidad, la agricultura es mecanizada y las labores sencillas auxiliares con tracción animal, el uso de fertilizantes y pesticidas es generalizado y el riego es por gravedad y muy poco por asperción. Símbolo en fig. 7 ' r '

#### Agricultura de humedad.

En suelos profundos y alta capacidad de retención de agua; labranza mecanizada, se utiliza fertilizantes y pesticidas.

### III MATERIALES Y METODOS

El mapa de erosión hídrica representa una zona dividida en áreas mucho más pequeñas que ésta; cada área limita y significa -- una superficie de terreno con una cierta cantidad de pérdida de suelo.

Para lograr lo anterior se utiliza la metodología propuesta por la FAO (1979) y que consiste en:

$$A = R K C T \quad \text{en donde:}$$

- A = Pérdida de suelo ton/ha/año
- R = Factor erosividad de la lluvia
- K = Factor erodabilidad del suelo
- C = Factor uso de la vegetación y terreno
- T = Factor topografía

En este método cartográfico paramétrico, cada tipo diferente de suelo, uso y topografía se le asigna un valor determinado para que posteriormente por multiplicación de cada valor, de cada factor se obtenga la cantidad aproximada de "A".

Cada factor, con sus respectivos tipos son representados en áreas diferentes, los cuales se manejan formando un mapa temático, cubriendo así la totalidad de la zona de interés. Posteriormente se sobreponen los mapas o cartas, primero un mapa encima de otro, así -- hasta juntar en uno sólo toda la información para luego hacer los cálculos antes mencionados.

Durante la sobreposición de los mapas se tiene el criterio de las áreas mínimas cartografiadas de  $1 \text{ cm}^2$ , lo anterior se debe a que las divisiones de una subzona se subdividen más, pudiendo tener áreas de  $1 \text{ mm}^2$  y que por cuestiones de manejo de la información no se tomen en cuenta en el mapa. Cabe aclarar que esta consideración es -- opcional y variable.

### 1.- Elaboración del Mapa del factor "R"

El índice utilizado por la FAO para la formación de dicho mapa es una modificación del índice de Fournier, el cual queda como sigue:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{P} \quad \text{en donde:}$$

p = precipitación mensual

P = precipitación anual

(los valores de R se correlacionan con el índice de R de USLE)

Tabla 1. Rangos de erosividad

Clases de erosividad	= ligera	moderada	alta	muy alta
Valoraciones de R	= 0 - 50	50 - 500	500-1000	mayor 1000

Con respecto a la zona en la representación de influencia de cada estación meteorológica se utilizó el método de los polígonos de Thiessen que está descrito por Rodríguez (1974).

### 2.- Elaboración del mapa del factor "K"

El factor de erodabilidad de un suelo está dado para Terrazas (1977) por:

a) Las propiedades físicas y químicas que se relacionen con la infiltración, permeabilidad y resistencia a las fuerzas de dispersión y transporte por la lluvia.

b) Tratamiento o manejo del suelo.

Por carecer en el momento presente de un mapa edafológico a la escala de 1: 250 000 se procedió a su elaboración. Para lo cual-

se utilizaron 41 cartas de 1: 50 000 editadas por D G G T N, el procedimiento consistía en una reducción de cada carta para después plasmarla en un solo mapa a la escala conveniente. Posteriormente a cada tipo de suelo se le asigna su valor de erodabilidad y textura FAO - - (op. cit.)

Tabla 2. Tipos de suelos y su asignación a una clase de erodabilidad.

Clases de erodabilidad	I	II	III
Tipo de suelo clasificado hasta el nivel -- de subunidad *	I, Hh, Hl, Bf, Lf, Tm E, Jc	Wm, Wh, Je, Be, Bc, Kh, Kk, Re, Lc	Xh, Hl, We, Lv, Vp, Vc.

\* Clasificación FAO-UNESCO

Tabla 3. Rangos de erodabilidad

Clase de Erodabilidad	I	II	III
Valoración	0.5	1.0	2.0

Tabla 4. Valores por textura del suelo

Clase de textura	gruesa	media	fin
	1	2	3
Valoración	0.2	0.3	0.1

### 3.- Elaboración del mapa del factor "C"

La vegetación interviene en la erosión hídrica principalmente porque protege la superficie del suelo del golpe de las gotas de lluvia al caer, por lo que el tipo de vegetación y el porcentaje de cobertura vegetal sobre el suelo es importante. FAO (op. cit.) da valores de coeficientes de erosión para los diferentes intervalos de cobertura y tipos de vegetación.

Tabla 5. Valores por tipo de vegetación

Valoración	tipo de vegetación
0.2	pradera, prados y pastizal *
0.2	bosque sin sotobosque apreciable *
0.4	matorral y selva decidua *
0.8	agricultura
1.0	sin vegetación

\* Se considera una cobertura vegetal entre 20 y 40%.

En este caso también se tuvo la necesidad de elaborar un mapa de vegetación a la escala 1: 250 000 ya que no existía. Se utilizaron 41 cartas uso actual de 1:50 000 editadas por D G G T N, el procedimiento consistía en una reducción de cada carta para después plasmarla en un sólo mapa a la escala deseada.

### 4.- Elaboración del mapa del factor "T"

El problema de la pendiente como factor de erosión hídrica es fácil de entender, el agua por acción de la gravedad tiende a ocupar lugares de menor altura que otros, ahora bien, el agua para lograrlo tiene dos caminos, el primero es un sentido vertical que es a través del suelo, y el segundo es en forma horizontal por la superfi-

cie de la tierra, en ambos casos lo realiza a una cierta velocidad, - así cuando la velocidad de escurrimiento es mayor que la velocidad de infiltración el agua desprende y arrastra partículas del suelo, ocasionando erosión. La pendiente influye directamente proporcional a la velocidad de escurrentía.

Para la elaboración del mapa de pendientes se utiliza -- cartas topográficas 1: 250 000 de la zona de trabajo. Después de tener marcadas las áreas con una inclinación del terreno promedio o dominante se le asigna las valoraciones propuestas por la FAO.

Tabla 6. Rangos de pendiente

Declive dominante %	0 - 8	8 - 30	mayor 30
Valoraciones	0.35	3.5	11

#### 4.- Elaboración del mapa final

Una vez que se generaron los mapas de cada uno de los -- factores; se superpusieron uno por uno, para obtener de esta forma el mapa de erosión hídrica de la región oriente del Estado de Jalisco.

La clasificación de la erosión hídrica es:

Tabla 7. Rangos de pérdida de suelo

<u>Clases de erosión</u>	<u>ton/ha/año</u>	<u>mm/año</u>
ligera	menor de 10	menor de 0.6
moderada	10 - 50	0.6 - 3.3
alta	50 - 200	3.3 - 13.3
muy alta	mayor de 200	mayor de 13.3

## 6.- Análisis matemático estadístico

La primera etapa consiste en conocer cuántas hectáreas - de cada clase de erosión se tiene por municipio, para que después se calcule el porcentaje respectivo de cada lugar. Ya estandarizada la información se facilita su manejo y poder hacer comparaciones entre - municipios.

Por medio del análisis de agrupamiento o cluster (taxonomía numérica), descrito por UAAAN (1977) es posible conocer que tanto se parece (similaridad) en ciertos aspectos un municipio (UTO <sup>I</sup>) con otro. Cada UTO está definido por un conjunto de características  $C_i$  - observables (clases de erosión), tales características pueden tener - un valor  $X_i$  (% de superficie), cuantitativa o cualitativa.

A partir de que cada UTO está definido por un vector  $x$  - de  $n$  características y con una medida de proximidad o distancia con - respecto a otro vector, y de un conjunto de  $UTO_s$ , se podrá realizar - subconjuntos o "clusters"; ahora bien, los  $UTO_s$  de cualquier subcon- - junto va a ser lo más similar posible entre sí y lo más diferente po- - sible a los  $UTO_s$  de otros subconjuntos. Una medida de similaridad -- puede ser calculada con la fórmula:

$$\text{Coef. de similaridad de Jaccard} = \frac{n_{IJ}}{n_{IJ} + n_{IJ} + n_{IJ}}$$

$n_{IJ}$  = sumatoria de valores de una cantidad igual en cada caracterís- tica de  $UTO_i$  y de  $UTO_j$ .

$n_{IJ}$  = sumatoria de valores diferentes de una cantidad mayor presen- te en  $UTO_j$  de una característica.

$n_{IJ}$  = sumatoria de valores diferentes de una cantidad mayor presen- te en  $UTO_i$  de una característica.

Se calculan los coeficientes de similaridad de un UTO --

. <sup>I</sup> UTO := unidad taxonómica operacional.

(municipio) con respecto a otro, hasta tener todas las comparaciones posibles; los valores de los coeficientes se acomodan en una matriz, el proceso de agrupamiento empieza con cada UTO<sub>s</sub> separados e irlos fusionando progresivamente hasta formar lo que se denomina un "dendrograma".

#### Análisis estadístico

La segunda etapa consiste en realizar un análisis de regresión y análisis de varianza de la pérdida de suelo con respecto a cada uno de los factores de la erosión hídrica antes mencionados.

El análisis de regresión permitirá conocer el grado de la relación de una variable con respecto a otra variable (coeficiente de correlación), y el modo o naturaleza de dicha relación (modelo de regresión).

Se prueba los siguientes modelos de regresión y se acepta aquel que presente mayor coeficiente de correlación:

Regresión lineal	$y = Ax + B$
R Geométrica	$y = Ax^B$
R logarítmica	$y = A (\log x) + B$
R cúbica	$y = A x^{3+B}$
R exponencial	$y = A (10^{Bx})$
R cuadrática	$y = A x^{2+B}$
R cuarta exponencial	$y = A x^{4+B}$
R recíproca	$y = A (1/x) + B$
R radical	$y = A (\sqrt{x}) + B$

En donde:

A = coef. regresión

B = intercepto

y = pérdida de suelo ton/ha/año

x = factores por separado (R,K,C,T).

Con el análisis de varianza se pretende saber si la variabilidad de las pérdidas de suelo es significativamente debida por los diferentes niveles de los factores (R, K, C, T) o se debe por un efecto aleatorio.

Si se acepta que los diferentes niveles de los factores son causantes de una variabilidad de los valores de pérdida de suelo, saber cuánto a cada factor le corresponde de tal variación.

Se utiliza en esta ocasión el análisis de varianza del diseño completamente aleatorio, en donde en este trabajo se asignaron solamente dos tratamientos (dos niveles), de cada factor y el número de repeticiones es igual al número de datos de cada tratamiento.

Se definieron sólo dos niveles porque si así hay variación, a tres o más niveles la habrá también, y si fue el caso contrario, hay que hacer otros niveles o rangos en otro análisis.

## IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

Cuando se elaboró el mapa de erosividad se manejaron 88-estaciones meteorológicas con más de 10 años de registros, las cuales se encontraban dentro y alrededor del área de estudio, son un buen número y tienen una distribución aceptable, se tuvo por lo menos una estación en cada municipio, lo cual ayudó a tener una representación mejor de los valores de R. La región tiene una erosividad moderada a -grandes rasgos se observa que la erosión tiene una variación y continuidad espacial de NE a SO, la cual concuerda con la climática, topográfica, vegetal y litológica superficial; lo cual era de esperarse.

Se elaboró el mapa de erosión hídrica a una escala de -- 1: 250 000, la presentación del mapa en la publicación de tesis es de 1: 500 000.

En base al trabajo anterior realizado se calcularon áreas y porcentajes de erosión para cada municipio, obteniéndose así el - - apéndice A,

Con los datos obtenidos se realizó el agrupamiento de municipios (apéndice B), los que presentaron entre ellos una similaridad alta (en este caso se determinó el límite crítico con un índice - de 91), se juntaron y se les consideró iguales dentro de su grupo, -- con el fin de facilitar la interpretación de la información.

La sucesión de los grupos A, B, C...H e I de las tablas 8 y 9 no es arbitrario, se ordenaron con el criterio de menor a mayor grado de erosión, mostrando de esta manera una jerarquización municipal.

Posteriormente para tener una idea clara de donde se encuentra cada grupo de municipios dentro de un conjunto de valores posibles de erosión hídrica, se formó la figura 8, de tal manera que la distribución de los puntos dentro del triángulo y su posible tenden--

dencia hacia un vértice nos muestra el grado general de erosión de la región.

Tabla 8. Grupos de municipios con un valor máximo de 91 del índice de similaridad.

Grupo	Municipios
A	Poncitlán, Acatic, Unión de San Antonio
B	Jesús María, Ocotlán, Jamay
C	Lagos de Moreno, Encarnación de Díaz,- Arandas, Tototlán
D	Ojuelos, San Julián, El Salto
E	Tepatitlán de Morelos, Degollado
F	Valle de Guadalupe, San Miguel El Alto, Zapotlán del Rey, Zapotlanejo, Cuquío,- Ayo El Chico.
G	Villa Hidalgo, Teocaltiche, Mexxicacán, Jalostotitlán, San Diego de Alejandría, Juanacatlán.

Tabla 9. Grupos de municipios con valor diferente del índice de similaridad

Grupo	Municipios	Índice de similaridad
H	Yahualica, Tizapán El Alto	87
I	Jocotepec, Tuxcueca	77

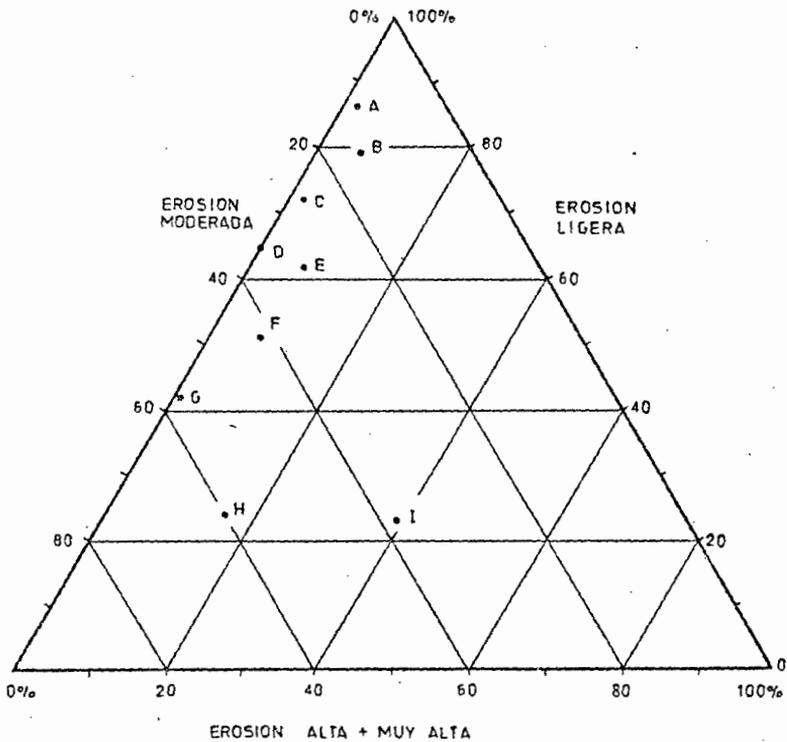


Figura 8. Diagrama mostrando a los grupos de municipios su posición relativa con respecto a sus porcentajes de cada clase de erosión.

Los resultados del análisis de regresión de la pérdida de suelo con cada uno de los cuatro factores utilizados se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Análisis de regresión

Factor	Modelo de regresión	Coef. correlación	Error estándar de la estimación
R	logarítmica	0.06160	32.64718
K	geométrica	0.38518	0.55861
C	geométrica	0.36349	0.56862
T	geométrica	0.70863	0.43000

El error estándar de la estimación es un valor medio de las desviaciones de los valores observados con respecto a una línea de predicción arbitraria (modelo de regresión). El coeficiente de correlación indica en qué grado los valores se ajustan a una regresión dada.

Con lo anteriormente citado y los datos de la tabla 10 se puede mencionar que los valores de pérdida de suelo y los de R tienen un muy ligero comportamiento logarítmico; mientras que K, C y T presentan un modelo geométrico, pero T tiene casi el doble de mejor ajuste que los otros dos. Las desviaciones de las pérdidas de suelo con respecto a los valores predichos es muy alta en R y muy baja en C, K, y T, lo cual significa que hay mayor variación no explicada en R que en los otros tres factores.

Los resultados del análisis de varianza se transcriben en la tabla 9. Cuando el análisis antes mencionado nos presenta un estimador de la varianza entre grupos mayor que el estimador de la varianza dentro de grupos sugiere que los tratamientos (en este caso dos niveles para cada factor), son la causa de las grandes diferencias

entre medias de grupos. La significancia de la diferencia en las estimaciones de varianza se obtienen por referencia a los valores de F de tabla.

Los factores R y K no tienen influencia valedera en la variación de los valores de pérdida de suelo, pero C y T sí tienen significancia.

El coeficiente de determinación (valor de  $r^2$ ), es la proporción con que cada factor explica el fenómeno de la pérdida de suelo. Si sumamos  $Rr^2$ ,  $Kr^2$ ,  $Cr^2$  y  $Tr^2$  se conoce casi la mitad de la explicación de la erosión hídrica.

## V CONCLUSIONES

En base al examen de los resultados obtenidos del presente trabajo de cartografía y evaluación de erosión hídrica se puede inferir a los siguiente:

1.- Se obtuvo un mapa que muestra el lugar y grado de erosión hídrica en las zonas de "Los Altos de Jalisco" y la ribera del Lago de Chapala.

2.- La región de estudio presenta un poco más de la mitad de su superficie una erosión ligera, después le siguen la moderada y la alta.

3.- Los municipios que presentaron mayor erosión son Jocotepec, Tuxcueca, Yahualica y Tizapán El Alto.

4.- Los municipios que presentaron menor erosión son la Barca, Poncitlán, Acatic y Unión de San Antonio.

5.- El factor pendiente del suelo (T), tuvo la más alta correlación con la pérdida de suelo que los otros tres factores.

6.- El factor lluvia (R) presentó una correlación casi nula con la pérdida de suelo, fue la más baja con respecto a los otros tres factores, por lo que se considera un valor homogéneo de erosividad.

7.- El factor pendiente (T) es la principal característica del terreno ha considerar cuando se presente la erosión hídrica, después le siguen la vegetación (C), tipo de suelo (K), y por último la lluvia (R).

8.- Utilizando dos niveles de los cuatro factores se explica casi la mitad de la pérdida de suelo. Lo cual nos indica que - posiblemente faltan más factores por considerar y/o más niveles que - aplicar.

## VI LITERATURA CITADA

- Colegio de Postgraduados 1977. Manual de conservación del suelo y del agua. Chapingo, México. pp 3 - 14
- Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática ( CGSNEGI ) 1981. Síntesis geográfica de Jalisco. Mapas temáticos anexos, escala 1:1 000 000 . SPP, México. pp 15 - 32 + 276 - 306
- Departamento de Cálculo Hidrométrico y Climatológico 1982. Estaciones climatológicas. SARH, D.F. México.
- Díaz, S. 1946. Geografía física del Estado de Jalisco. Publ. Espec. de la Univ. de Guad. México. pp 53 - 76
- Dirección General de Geografía del Territorio Nacional ( DGGTN ) 1977. Cartas topográficas, escala 1:250 000, a color, con recuadros, de 87 x 63 cm . F 13-9 , F 13-12 y F 14-7 . SPP México.
- v f . Cartas edafológicas y uso actual (vegetación), escala 1:50 000, a color, con recuadros, de 87 x 63 cm .
- F-13-D- 17,18, 19, 27, 28, 29, 36, 37, 38, 39, 46, 47, 48,49, 56, 57, 58, 59, 66, 67, 68, 69, 75, 76, 77, 78, 79 , 85, 86, 87, 88.
- F-14-C- 11, 12, 21, 22, 31, 32, 41, 51, 61.
- F-14-A- 81. SPP México.
- 1981. Guías para la interpretación de cartografía ( Edafológica ). SPP , México. pp 17 - 41
- Estrada B.,J. y Ortíz S.,C. 1982. Plano de erosión hídrica del suelo en México. Rev. Geo. Agr. No. 3. Chapingo, México. pp 23-27
- FAO 1979. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma. 86 pp
- FitzPatrick, E. A. 1984. Suelos. Ed. C E C S A . D.F., México pp 229 - 339
- García, E. 1979. Sistema de clasificación climática de Koeppen modi

- ficado por la autora. Ed. Inst. Geogr. y Estad. Univ. Nal. Auton. de México. D.F., México. pp 123 - 131
- Instituto de Geografía y Estadística s f. Mapas de las regiones programas de - Guadalajara, La Barca, Lagos de Moreno y Tepatitlán. Univ. de Guad., México.
- 1983. Cuadro de superficies municipales del Estado de Jalisco. Univ. de Guad., México.
- Mahoney, Ch. L. 1981. Manual for natural resources measurement. - College of Forestry and Natural Resources. Colorado State - University. USA. pp 40 - 158
- Odum, E. P. 1981. Ecología. Ed. Interamericana. D.F. México. - pp 141 - 145
- Reon A., R. 1975. El levantamiento fisiográfico y la conservación de suelos. Tesis Maestro en Ciencias. C. P. Chapingo, México. pp 1 - 68
- Rodriguez T., F. 1974. Elementos de escurrimiento superficial. Memo randum Técnico No. 330. SRH México. pp 55 - 57
- Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Ed. Limusa. D.F. México. p 29
- Terrazas G., J. 1977. Manejo de suelos para reducir erosión y aumentar productividad en los suelos agrícolas de laderas de la - cuenca del río Texcoco. Tesis Maestro en Ciencias. C. P. - Chapingo, México. pp 1 - 116
- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ( UAAAN ) 1977. Fundamentos de cluster analysis aplicado a taxonomía numérica y análisis de la vegetación. Mo nografía Tec.-Cient. Vol. 3. Saltillo, México. 9: 753-778

Apéndice A. Areas y porcentajes de erosión por municipio.

Municipio	Erosión ligera		Erosión moderada		Erosión alta		Erosión muy alta		Area total del municipio
	has.	%	has.	%	has.	%	has.	%	
1 Acatic	31 017.5	86.00	3 405.1	9.44	1 648.4	4.57	0	0	36 071.0
2 Arandas	85 347.7	72.67	28 952.0	24.65	3 140.9	2.67	0	0	117 440.6
3 Atotonilco el Alto	35 793.8	65.64	12 942.2	23.74	5 789.9	10.62	0	0	54 525.9
4 Ayo el Chico	21 750.2	48.02	17 808.4	39.31	5 739.8	12.67	0	0	45 298.4
5 Cuquió	29 508.3	49.54	24 587.7	41.28	5 076.6	8.52	386.5	0.65	59 599.1
6 Chapala	5 741.4	50.46	1 940.3	17.05	3 695.3	32.48	0	0	11 377.0
7 Degollado	24 756.4	61.48	12 448.6	30.92	3 060.3	7.60	0	0	40 265.3
8 El Salto	6 683.7	65.71	3 487.4	34.29	0	0	0	0	10 171.1
9 Encarnación de Díaz	89 460.5	72.86	30 343.1	24.71	2 900.4	2.36	84.2	0.07	122 788.2
10 Ixtlahuacán de los Membrillos	12 072.3	62.57	3 825.9	19.83	3 395.6	17.60	0	0	19 293.8
11 Jalostotitlán	20 823.3	44.33	25 798.1	54.92	0	0	354.8	0.75	46 976.2
12 Jamay	10 728.0	79.93	2 486.6	18.53	207.2	1.54	0	0	13 421.8
13 Jesús María	56 843.0	77.00	10 333.7	14.00	6 643.1	9.00	0	0	73 819.8

Apéndice A. (continuación)

Municipio	Erosión ligera		Erosión moderada		Erosión alta		Erosión muy alta		Area total de municipio
	has.	%	has.	%	has.	%	has.	%	
14 Jocotepec	10 774.9	27.92	12 090.5	31.33	15 722.2	40.74	0	0	38 587.6
15 Juanacatlán	6 117.3	39.02	9 558.8	60.98	0	0	0	0	15 676.1
16 La Barca	39 263.0	92.45	684.4	1.60	2 522.9	5.94	0	0	42 467.3
17 Lagos de Moreno	179 930.3	70.07	71 542.5	27.86	5 323.4	2.07	0	0	256 796.2
18 Mexxicacán	12 293.8	41.87	16 994.6	57.88	71.8	0.24	0	0	29 360.2
19 Ocotlán	19 575.0	80.47	3 379.0	13.89	1 373.0	5.64	0	0	24 327.0
20 Ojuelos	79 725.9	64.71	41 930.9	34.03	1 550.9	1.26	0	0	123 207.7
21 Poncitlán	22 318.2	88.32	2 952.5	11.68	0	0	0	0	25 270.7
22 San Diego de Alejandría	16 754.7	43.42	20 162.4	52.25	1 319.7	3.42	350.8	0.91	38 587.6
23 San Juan de los Lagos	53 023.5	57.99	37 753.1	41.29	473.1	0.52	186.1	0.20	91 435.8
24 San Julián	14 837.0	63.17	8 651.1	36.83	0	0	0	0	23 488.1
25 San Miguel el Alto	40 768.6	52.83	33 254.5	43.09	2 250.4	2.91	901.9	1.17	77 175.4

Apéndice A. (continuación)

Municipio	Erosión ligera		Erosión moderada		Erosión alta		Erosión muy alta		Área total del municipio
	has.	%	has.	%	has.	%	has.	%	
26 Teocaltiche	39 015.1	38.12	62 617.1	61.18	512.3	0.50	194.4	0.19	102 340.9
27 Tepatitlán de Morelos	84 637.8	61.90	42 200.3	30.86	9 858.0	7.21	38.2	0.02	136 734.3
28 Tizapán el Alto	2 984.4	23.31	10 791.9	63.14	2 315.5	13.55	0	0	17 091.8
29 Tototlán	26 068.3	72.27	9 633.1	26.70	369.6	1.02	0	0	36 071.0
30 Tuxcueca	2 728.6	19.13	6 317.2	44.30	5 214.8	36.57	0	0	14 260.6
31 Unión de San Antonio	64 176.5	85.96	10 482.1	14.04	0	0	0	0	74 658.6
32 Valle de Guadalupe	20 672.6	52.43	16 835.7	42.70	1 918.7	4.87	0	0	39 427.0
33 Villa Hidalgo	20 517.9	42.91	27 297.1	57.09	0	0	0	0	47 815.0
34 Villa Obregón	10 754.3	38.85	13 741.6	49.64	3 186.5	11.51	0	0	27 682.4
35 Yahualica	11 956.7	23.75	28 185.1	56.00	7 692.0	15.28	2 497.8	4.96	50 331.6
36 Zapotlán	20 607.6	52.27	18 818.8	47.73	0	0	0	0	39 426.4
37 Zapotlanejo	41 422.3	50.91	32 901.8	40.43	7 045.4	8.66	0	0	81 369.5

Apéndice A. (continuación)

Municipio	Erosión ligera		Erosión moderada		Erosión alta		Erosión muy alta		Area total del municipio
	has.	%	has.	%	has.	%	has.	%	
TOTALES	1 272 450.4	60.46	717 132.3	34.07	110 017.7	5.23	4 996.7	0.24	2 104 597.0

Apéndice B. Dendrograma de similitud agrupando por el vecino más cercano.

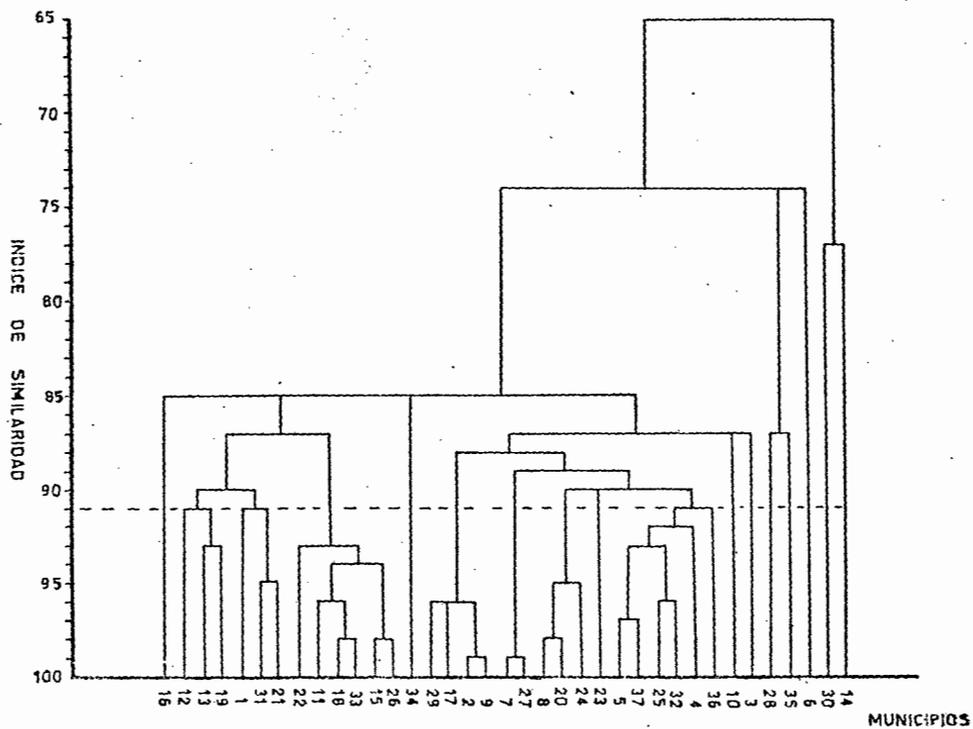


Tabla C. Análisis de varianza de los diferentes factores de la erosión hídrica.

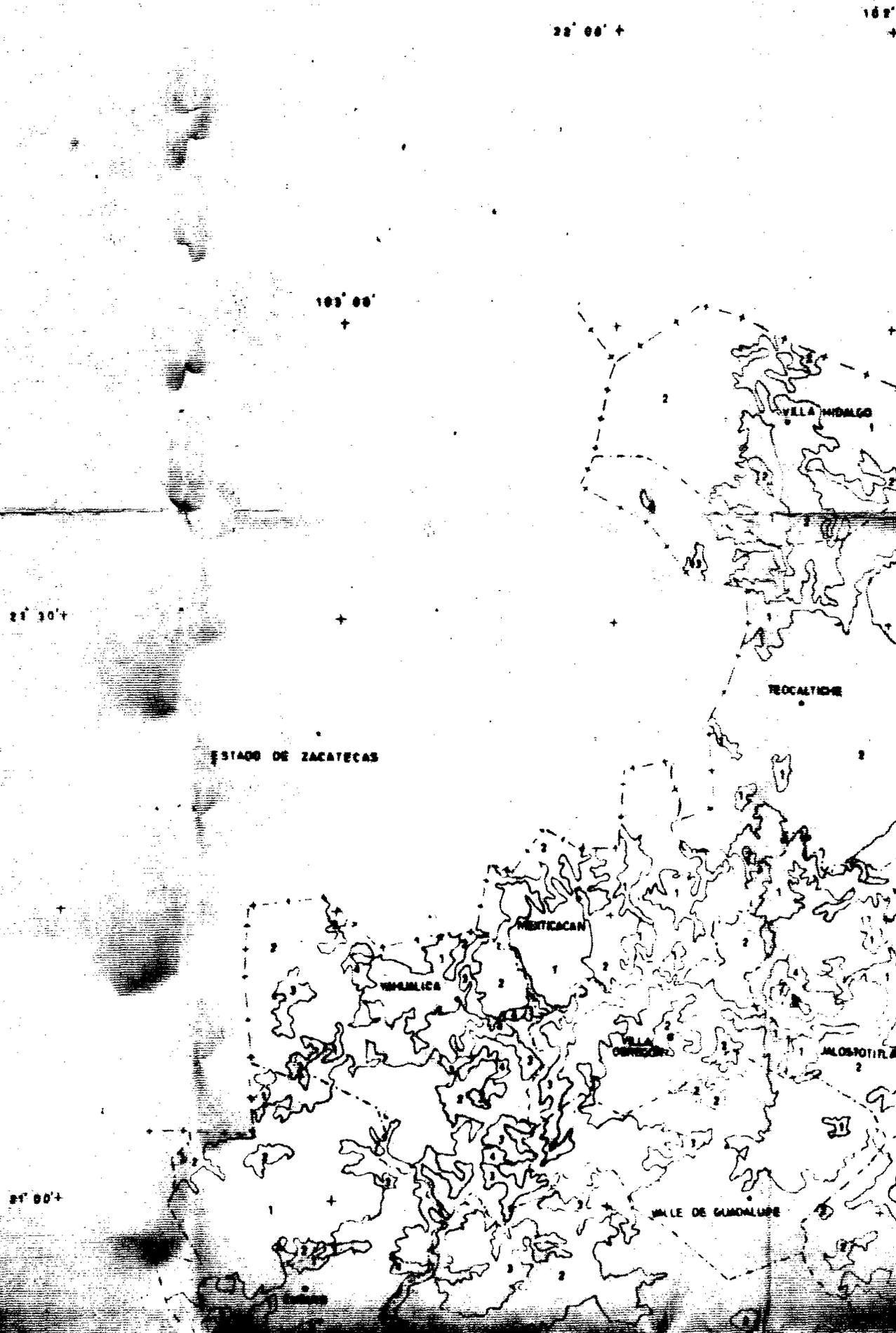
Factor lluvia R						
<u>FV</u>	<u>GL</u>	<u>SC</u>	<u>CM</u>	<u>Fc</u>		<u>Ft</u>
tratamiento	1	782.1	782.1	0.73	95%	99%
error	183	194 837.5	1 064.7		3.91	6.81 NS
TOTAL	184	195 619.6				
$r^2 = 0.0040$						
Factor suelo K						
<u>FV</u>	<u>GL</u>	<u>SC</u>	<u>CM</u>	<u>Fc</u>		<u>Ft</u>
tratamiento	1	3 867.7	3 867.7	3.69	95%	99%
error	183	191 753.1	1 047.8		3.91	6.81 NS
TOTAL	184	195 620.9				
$r^2 = 0.0198$						
Factor vegetación C						
<u>FV</u>	<u>GL</u>	<u>SC</u>	<u>CM</u>	<u>Fc</u>		<u>Ft</u>
tratamiento	1	5 353.3	5 353.3	5.15	95%	99%
error	183	190 266.6	1 039.7		3.91*	6.81
TOTAL	184	195 619.9				
$r^2 = 0.0274$						
Factor pendiente T						
<u>FV</u>	<u>GL</u>	<u>SC</u>	<u>CM</u>	<u>Fc</u>		<u>Ft</u>
tratamiento	1	77 663.9	77 663.9	120.53	95%	99%
error	183	117 917.7	644.7		3.91	6.81**
TOTAL	184	195 581.1				
$r^2 = 0.3971$						

NS = no significativo

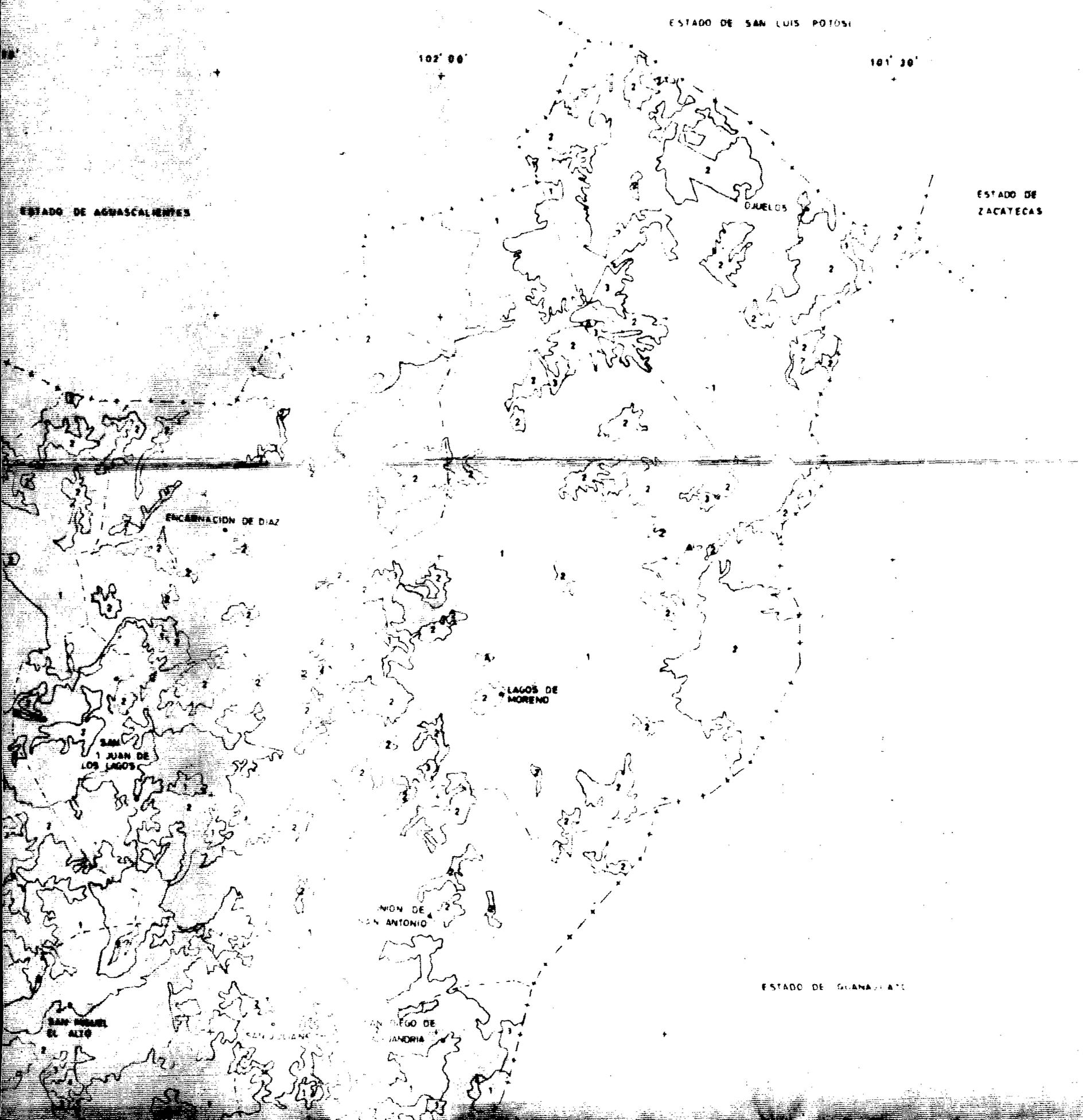
\* = significativo

\*\* = altamente significativo

# MAPA DE EROSION HIDROLÓGICA DEL ESTADO DE ZACATECAS



# RICA DE LA REGION DE JALISCO



ESTADO DE SAN LUIS POTOSI

101° 30'

ESTADO DE AGUASCALIENTES

ESTADO DE ZACATECAS

ENCARNACION DE DIAZ

OAJUELOS

LAGOS DE MORENO

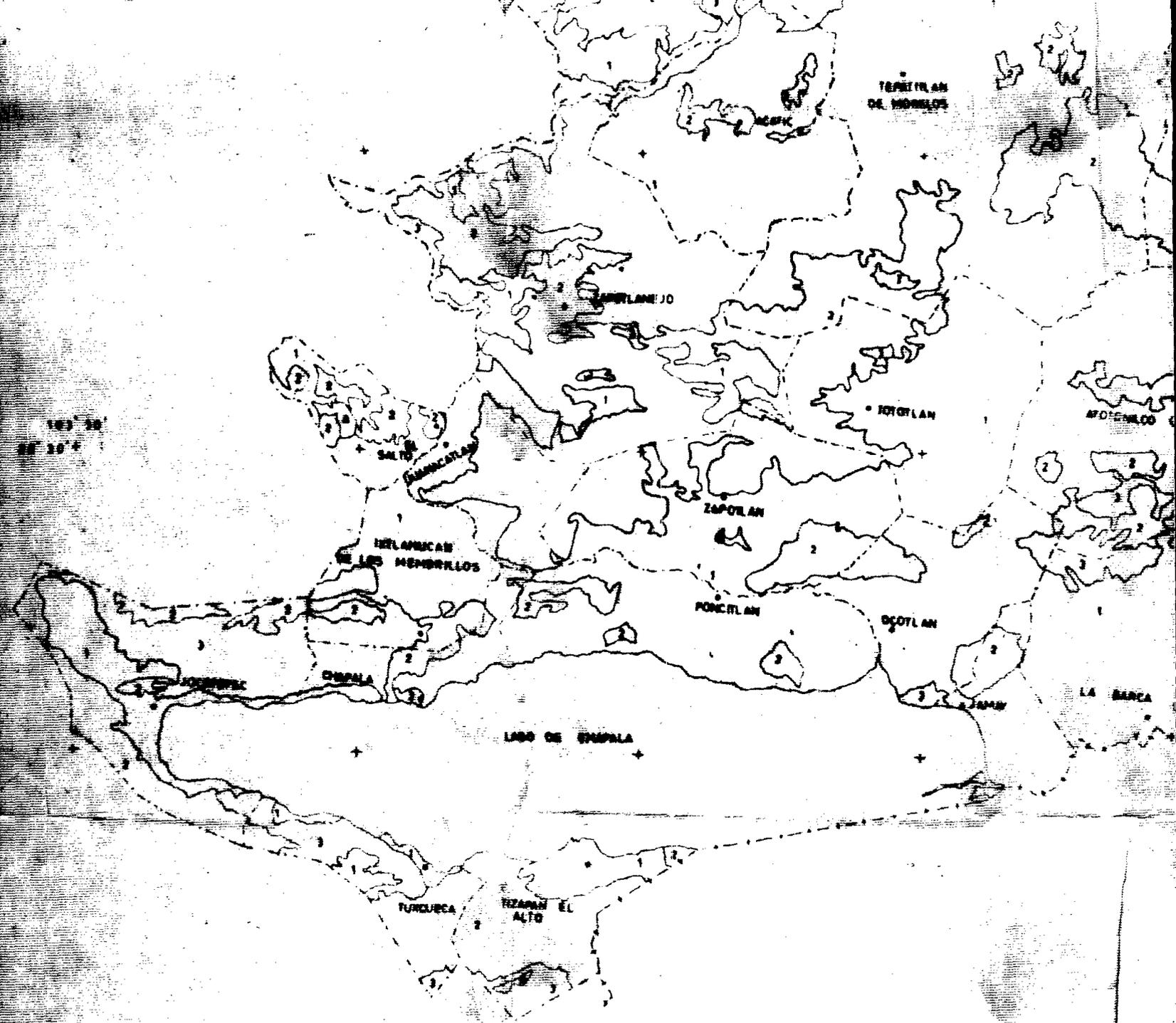
SAN JUAN DE LOS LAGOS

UNION DE SAN ANTONIO

SAN MIGUEL DE ALTO

SAN DIEGO DE GUADALUPE

ESTADO DE GUANAJUATO



103° 30'  
22° 30'

103° 30'  
22° 30'

TEPIC  
DE JALISCO

SAN JUAN DE  
LOS RIOS

TEPIC

MICHOCÁN

GUANAJUATO

ZAMORA

MICHOCÁN  
DE LOS MEMBRILLOS

PONCE DE LEÓN

OAXACA

TLAXCALA

PUEBLA

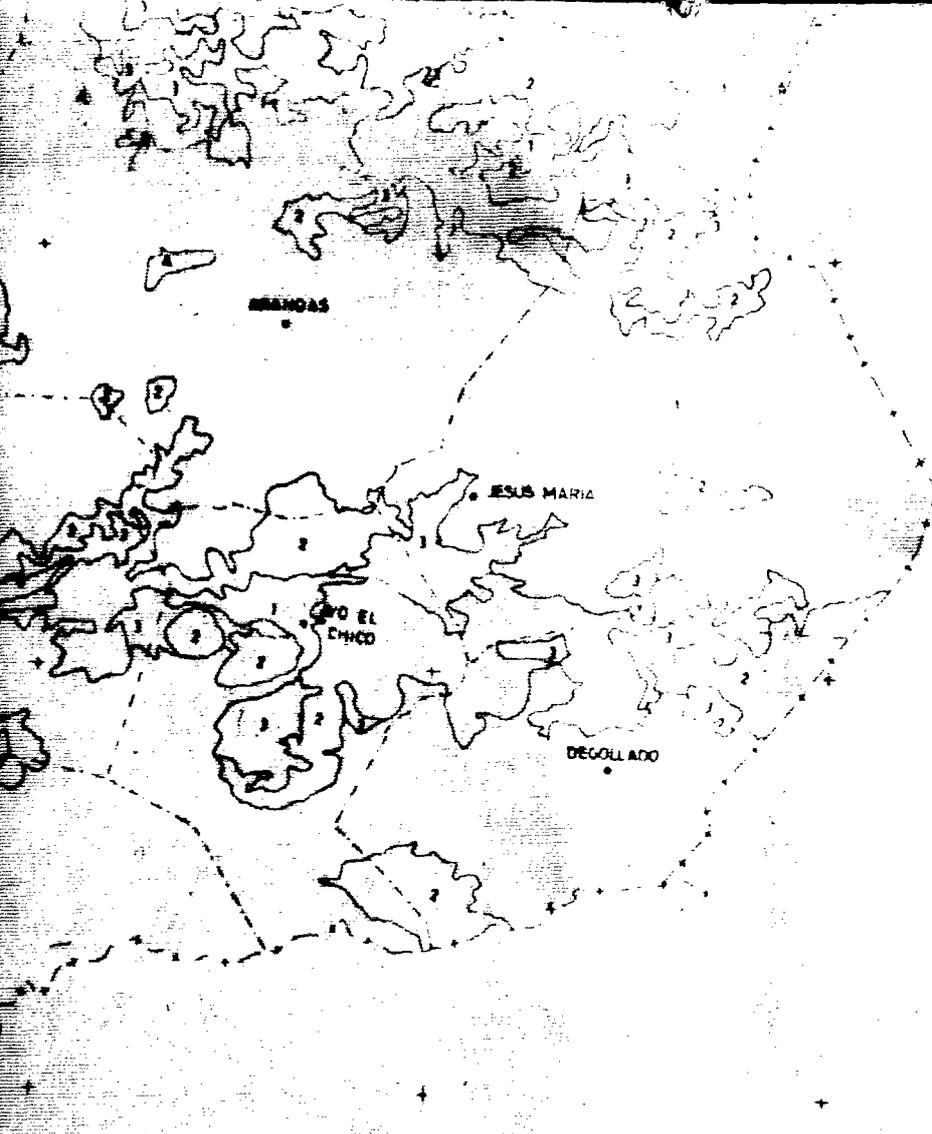
LAGO DE ESPALA

VERACRUZ

LA BARRA

CHIAPAS

HIZAPAN EL ALTO



CLASES DE EROSION HIDRICA

	PERDIDA DE SUELO T/HA/AÑO
[1] LIGERA	< 10
[2] MODERADA	10 - 50
[3] ALTA	50 - 200
[4] MUY ALTA	> 200

ESTADO DE MICHOACAN

SIMBOLOGIA

LIMITE ESTATAL	---+---
LIMITE MUNICIPAL	---
CABECERA MUNICIPAL	*
DEPOSITO DE AGUA	[ ]

ESCALA 1:500,000



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA	
Escuela de Agricultura	
Mapa Elaborado en Base a la Metodología FAO (1979)	
Fecha: Mayo 1984	Elaboro: Luis Ernesto García G