

28/12/79

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS



"METODOLOGIA PARA CARTOGRAFIAR LA EROSION POTENCIAL"

Tesis de licenciatura que para optar al título de LICENCIADO EN GEOGRAFIA presenta:

José Manuel Espinoza Rodríguez



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

U.N.A.M.
Colegio de Geografía
1975 - 80

INIREB
Programa Ordenación Ecológica
1980 - 84



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE GENERAL

	PAG.
INDICE GENERAL	I
LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS	IV
RESUMEN	VII
1. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos.	4
1.2 Hipotesis.	5
2. AREA DE ESTUDIO	7
3. ANTECEDENTES	15
3.1 Conceptualización de erosión	15
3.2 La erosión como problemática nacional.	19
3.3 Inventarios de erosión.	22
3.4 Ecuaciones de cuantificación de erosión.	25
3.5 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.	28
3.5.1 Postulación general de la Ecuación.	28
3.5.2 Factor de erosividad.	30

3.5.3 Factor de erodabilidad.	31
3.5.4 Factor de pendiente.	35
3.5.5 Factor de cobertura y manejo.	37
3.5.6 Factor de prácticas conservacionistas.	38
3.6 Dinámica y estacionalidad de la erosión.	41
3.7 La región fisiográfica como unidad de estudio de erosión.	45
4. METODOLOGIA	48
4.1 Obtención de una cartografía con división política administrativa.	48
4.2 Obtención de una clasificación fisiográfica.	50
4.3 Determinación de la erosividad del área.	50
4.4 Determinación de la erodabilidad de los suelos del área.	55
4.5 Determinación de las unidades de análisis.	59
4.6 Cálculo de los rangos de erosión potencial por unidad mínima.	59
4.7 Cálculo de erosión potencial por tipo de tierra.	66
4.8 Regionalización de la erosión.	76
5. RESULTADOS	82
5.1 Carta de erosividad de la Región Xalapa.	82
5.2 Cálculo de erosión para la Región Xalapa.	84
5.3 Cálculo de erosión a nivel puntual.	85
5.4 Cálculo y mapeo de erosión por computadora.	88
5.5 Inventario físico de unidades de análisis y comportamiento de la erosión bajo diversos escenarios.	93

6. DISCUSION	102
7. CONCLUSIONES	106
8. REFERENCIAS	108
8.1 Bibliográficas.	108
8.2 Cartográficas.	112
ANEXOS	115

LISTA DE TABLAS, FIGURAS Y ANEXOS

	PAG.
TABLAS	
Tabla 1. Tipo de erosión por su agente causal y magnitud de influencia en los mayores países del mundo.	18
Tabla 2. Clasificaciones sobre erosión.	23
Tabla 3. Clasificación FAO para erosión (1954).	24
Tabla 4. Obtención de valores de C para pastizales, tierras cultivadas y tierras ociosas.	39
Tabla 5. Valores de C por uso del suelo para las condiciones de la Región Xalapa.	40
Tabla 6. Valores de P derivados del uso de terrazas.	42
Tabla 7. Valores de P correspondientes a la práctica de surcado en contorno.	42
Tabla 8. Valores de P correspondientes a la implementación de fajas de cultivos paralelas.	43
Tabla 9. Cálculo del 50% de probabilidad de registro de un volumen de precipitación máxima en 24 horas para cada una de las estaciones climatológicas localizadas en la Región Xalapa y su zona de influencia.	52
Tabla 10. Inventario de las unidades de análisis en el estudio de erosión.	61
Tabla 11. Características físicas por unidad de análisis y valor de los factores R, K y LS de acuerdo a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.	67
Tabla 12. Valores de erosión por tipo de suelo considerando su uso.	77

Tabla 13. Ejemplo de una aplicación de la USLE a nivel puntual.	87
Tabla 14. Inventario físico de una unidad de análisis de la zona cálida de la Región.	94
Tabla 15. Inventario físico de una unidad de análisis de la zona templada de la Región.	95
Tabla 16. Inventario físico de una unidad de análisis de la zona semifrída de la Región.	96

FIGURAS

Figura 1. Carta de división geomunicipal.	8
Figura 2. Carta altimétrica.	10
Figura 3. Perfil longitudinal de vegetación de la Región Xalapa.	13
Figura 4. Nomograma de erodabilidad.	33
Figura 5. Carta de Paisajes Terrestres.	46
Figura 6. Carta de precipitación total anual.	56
Figura 7. Carta de erosividad.	57
Figura 8. Carta de grandes tipos de suelos.	58
Figura 9. Carta de unidades homogéneas de análisis.	60
Figura 10. Volúmenes de suelo perdido en diferentes combinaciones de pendiente y cobertura a nivel superficial en una unidad de análisis de la zona cálida de la Región: 2703	71
Figura 11. Volúmenes de suelo perdido en diferentes combinaciones de pendiente y cobertura a nivel superficial en una unidad de análisis de la zona templada de la Región: 1706	72
Figura 12. Volúmenes de suelo perdido en diferentes combinaciones de pendiente y cobertura a nivel superficial en una unidad de análisis de la zona semifrída de la Región: 0303	73

Figura 13. Tasa de suelo perdido en parcelas cultivadas con distinto grado de pendiente.	89
Figura 14. Variación de la erosión con diversas intensidades de lluvia máxima en 24 horas para diferentes usos del suelo.	90
Figura 15. Volúmenes de suelo perdido correspondientes a diferentes suelos tipo con características texturales y de materia orgánica variables.	91
Figura 16. Influencia de la cobertura a nivel superficial y con diferente porcentaje de dosel en el volumen de suelo perdido con condiciones topográficas y climáticas invariables.	92

ANEXOS

Anexo 1. Clasificación fisiográfica de la Región Xalapa.	115
Anexo 2. Ejemplo de un tipo de tierra.	117
Anexo 3. Áreas geomunicipales comprendidas en la zona de estudio.	118
Anexo 4. Relación de las estaciones climatológicas localizadas en la Región Xalapa y su área de influencia.	119
Anexo 5. Valores medios de K por tipo de tierra.	122
Anexo 6. Valores medios de LS por tipo de tierra.	123
Anexo 7. Volúmenes de erosión hídrica por uso del suelo en la Región.	124
Anexo 8. Regionalización de los tipos de tierra por zonas climáticas.	125
Anexo 9. Volúmenes de suelo perdido por zonas climáticas.	126

RESUMEN

Se presenta una metodología de análisis cuantitativo de la erosión hídrica potencial de la parte central de Veracruz, orientada a la planeación regional de la misma.

La metodología seguida consistió en la obtención de un inventario de unidades físicas de análisis, producto de la sobreposición de mapas de división geomunicipal, paisajes terrestres (con características similares de tipo climático-vegetacional y ecológico-orográfico) y de grandes tipos de suelo. A estas unidades se les determinaron sus valores medios de erosividad, erodabilidad y rangos de pendiente, parámetros requeridos para la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo a cada unidad, con lo cual se obtuvo una estimación de la erosión potencial para las mismas en condiciones de suelo desnudo.

Contando con el inventario físico de las unidades de análisis con su correspondiente correlato cartográfico fue posible la elaboración de gráficas donde se pudieron confrontar los factores de la Ecuación para obtener una serie de combinaciones o escenarios que permiten saber la limitante física de un área específica para su mejor planeación.

1. INTRODUCCION

México es un país en cuya superficie de casi dos millones de km² se presentan todo tipo de condiciones humanas, físicas y ecológicas, influyendo en ello su ubicación, altitud, historia y presente socioeconómico.

Al analizar cada una de estas condiciones podemos comprender que la heterogeneidad existente, en vez de ser una limitante, representa una gran ventaja respecto a muchos países, incluso de mayor extensión que México, una vez superado el subdesarrollo económico y técnico (Bassols, 1978).

Desde el punto de vista físico, México está cruzado por el Trópico de Cáncer que corta al país aproximadamente a la mitad; de este modo la región templada queda situada al norte del Trópico y la cálida al sur. Sin embargo, debido a lo accidentado de su relieve (68 % de su superficie está por encima de la cota de 500 m.s.n.m. según Bassols, 1978) se suavizan las condiciones climáticas, excepto en las costas al sur del trópico y las entidades del sur y sureste, donde los climas son francamente tropicales.

Otro factor en la heterogeneidad física del país es la presencia de un gran número de sierras o sistemas de ellas, formadas por plegamientos de principios del Terciario, cuyo levantamiento provocó una serie de fracturas que dieron origen a su vez a un intenso vulcanismo; el material ígneo así expulsado cubrió las formaciones cretácicas superficiales (Abril-Noguer-Rizzoli, 1972). Algunas elevaciones de estas sierras son notables, excediendo tres de ellas los 5000 m.s.n.m. (Citlaltépetl, Popocatepetl e Iztaccíhuatl).

La latitud del norte del país tiene una importancia fundamental en la determinación climática de extensas áreas, pues corresponde a una zona de divergencia de vientos de superficie que inhibe la precipitación y la circulación de aire húmedo y da origen a la gran franja de desiertos boreales del mundo. En México, este fenómeno provoca la aridización del norte de Yucatán, la formación de los desiertos más severos del país: el de Vizcaíno en Baja California y de Altar en Sonora, así como la aridización de la Altiplanicie Mexicana, nombre dado a la extensa zona limitada por las Sierras Madres Occidental y Oriental y el Sistema Volcánico Transversal, cuyas condiciones climáticas adversas se intensifican por las barreras climáticas que constituyen las sierras; sin embargo, el clima permite el desarrollo de pastizales con gran potencial ganadero, además de la gran cantidad de energía solar recibida que otorga también gran riqueza energética potencial solar; dicho clima se suaviza hacia el sur merced a la latitud y altitud, cambiando desde los climas secos desértico y estepario del norte del país hasta los templados (Cw) del sur de la altiplanicie (en la llamada Mesa Central), en los valles de México, Toluca y el Bajío.

La accidentada y alargada costa que posee el país le otorga una de las mayores longitudes de litoral en el mundo (9368 km), de manera especial del lado del Océano Pacífico (6608 km). Posee asimismo gran potencial pesquero de tipo tropical en el Golfo de México y el Mar de las Antillas, donde la prolongada plataforma continental unida a la corriente cálida del Golfo permite el desarrollo de abundante bentos de este tipo: atún, camarón, sardina, etc., mientras que del lado del Pacífico y de manera especial en las costas de Baja California, merced a la corriente fría de California se concentra enorme riqueza pesquera (atún, bivalvos, crustáceos, etc.), además de las zonas de confluencia de las corrientes frías y cálidas (costas de Jalisco y Nayarit) donde hay alta concentración de nutrientes y gran abundancia de fauna.

La llanura costera del Golfo y Mar de las Antillas y su extendida plataforma continental presenta terrenos de tipo sedimentario, elevados a partir del Mesozoico, cuyos restos faunísticos se acumularon en forma masiva dando origen a enormes yacimientos de hidrocarburos (petrolíferos y de gas natural) que han convertido al país en el cuarto del mundo en cuanto a reservas probadas y de los primeros en cuanto a producción se refiere, permitiendo el desarrollo de una moderna industria petroquímica.

La heterogeneidad ambiental, producto de esta gama climática y topográfica aunada a la influencia humana, provoca que a la fecha existan aproximadamente 70 millones de hectáreas cubiertas de pastos, 20 millones por bosques y 36-40 millones con potencial agrícola (Bassols, 1978).

Desde el punto de vista humano, el país posee una de las mayores poblaciones del mundo (74 millones en 1983, ocupando el undécimo lugar) que da un gran potencial de mano de obra, sobre todo porque su gran crecimiento en las últimas décadas ha permitido que la población actual del país sea una de las más jóvenes del mundo (55.2 % del total no rebasan los 20 años).

Desde el punto de vista religioso, lingüístico y racial es un país bastante homogéneo, lo que potencialmente facilita su integración a las políticas oficiales de tipo socioeconómico.

Aunque la cantidad de población en relación con su superficie (37 hab./km²) no convierte al país en una zona superpoblada, la forma de distribución es muy desigual, concentrándose principalmente en el Distrito Federal y entidades periféricas y secundariamente en las áreas metropolitanas de Guadalajara y Monterrey que conforman enormes focos de atracción para áreas urbanas menores y rurales vecinas.

La enorme diferencia de concentración de población en ciudades medias y megalópolis actualmente intenta ser regulada por el Plan Nacional de Desarrollo Urbano que pretende fomentar el asentamiento y desarrollo de ciudades ubicadas en áreas estratégicas para el desarrollo en sus recursos y frenar en la medida de lo posible el crecimiento desmedido de las megalópolis.

Para dar una idea de la desigual distribución de la población baste decir que 60% de la misma (y 80% de las actividades industriales) se concentra en sólo 15% del territorio nacional: por arriba de la cota de 500 m.s.n.m. y entre los paralelos 18° y 22° de latitud norte.

De igual manera las políticas de conservación ecológica, especialmente de vegetación, suelo y agua no son muy eficientes permitiendo una gran alteración del equilibrio ambiental que se traduce en diversos problemas entre los que sobresalen la contaminación y la erosión. En este trabajo hablaremos de una manera general de este último problema.

1.1 Objetivos.

Como objetivo general del presente estudio se plantea el análisis de la erosión hídrica como un índice de fragilidad ambiental, persiguiéndose para tal fin las siguientes metas:

- a) Presentar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo como una herramienta en la cuantificación de erosión hídrica y un análisis y crítica final de la misma.

- b) Efectuar una cuantificación de los volúmenes de suelo perdido en el centro de Veracruz con resultados referidos a una clasificación fisiográfica.
- c) Dividir el área de estudio en unidades homogéneas por sus características físicas y caracterizar éstas en cuanto a sus índices de erosividad, erodabilidad y erosión para la creación de escenarios de planeación.
- d) Contemplar los requerimientos para la aplicabilidad de la ecuación a las condiciones climáticas y orográficas de México.
- e) Realizar una comparación entre esta forma de evaluación cuantitativa de la erosión y una metodología de inventario espacial del fenómeno.

1.2 Hipótesis.

- Un área con características físicas homogéneas va a tener una evolución particular y contrastante con las circundantes, cuyas características difieren.
- Hay una relación directa entre el volumen de suelo perdido por erosión hídrica y los factores que influyen en ésta (principalmente precipitación y características texturales del propio suelo).
- Las actividades económicas ejercen un efecto acelerado y decisivo en la pérdida de suelo.
- Una región con gran erosión potencial puede tener un valor

relativamente bajo de erosión real y viceversa, principalmente debido al uso del suelo de la misma.

- Es posible crear escenarios de planeación y hacer variar las condiciones de los mismos.
- La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo es una herramienta adecuada para la planeación regional.
- Es posible la utilización de la Ecuación Universal en México previas adaptaciones de la misma a las condiciones físicas de regiones específicas.
- El área correspondiente al centro de Veracruz es lo suficientemente variada en cuanto a la existencia de diversos escenarios con combinaciones naturales y culturales con volúmenes de erosión contrastantes.

2. AREA DE ESTUDIO

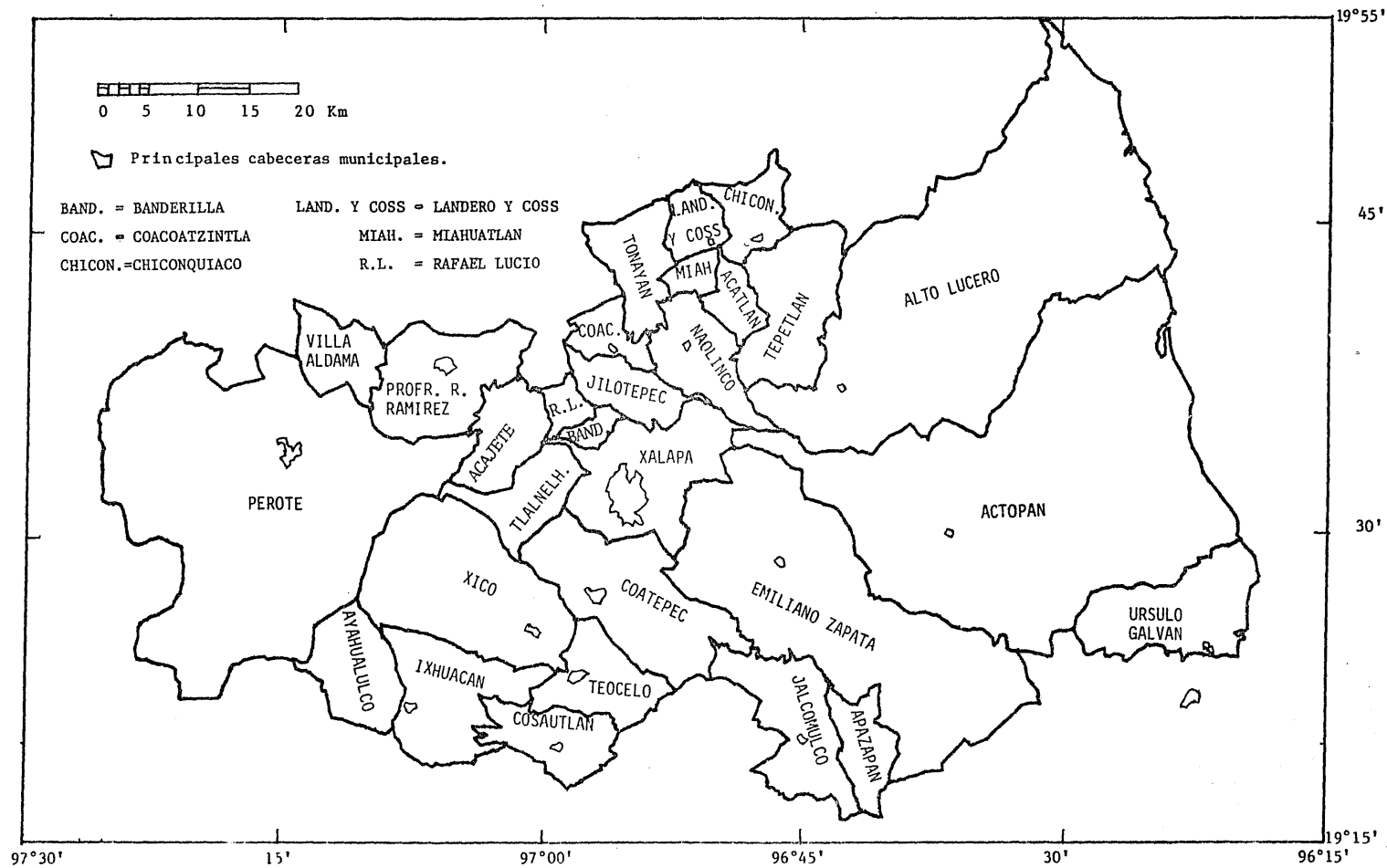
El area piloto donde se aplica la metodología corresponde a la región socioeconómica no. 1 de Veracruz, también llamada Región Xalapa, integrada por 45 áreas geomunicipales(*), 29 de las cuales están incluidas íntegramente o casi en su totalidad. La región se extiende en el centro del estado entre los paralelos 19° 20' y 20° 00' (Sancholuz, Marten y Zolá, 1981) y cubre una superficie de poco más de 4500 km². Las áreas geomunicipales comprendidas en el área de estudio se muestran en la figura 1 (ver también el anexo 3).

Asimismo, convencionalmente se han tomado en cuenta dentro de la zona de influencia, municipios periféricos tanto de Veracruz como de Puebla, especialmente al considerar la existencia de datos climáticos de estaciones en dichas áreas que influyen en la periferia de la Región Xalapa y que permiten la interpolación de datos y un mejor trazo de isoclinas y correlación de características de la Región (suelos, topografía, erosividad, etc.).

El área de estudio tiene la peculiaridad de poseer grandes contrastes de tipo físico de los que derivan sendos procesos geomorfológicos y edafogenéticos asociados con el vulcanismo, la erosión y sedimentación (Sancholuz, Marten y Zolá, 1981). Estos contrastes de índole climática, edáfica, florística y económica son debidos al drástico cambio altitudinal, puesto que desde la

 (*) Unidades cartográficas utilizadas para fines censales en 1980. Cada unidad comprende todas las localidades administradas por un municipio y se encuentra delimitada por rasgos físicos.

FIGURA 1. Carta de división geomunicipal.



cumbre del Cofre de Perote (4282 m.s.n.m.) la máxima cima de la Región, al oeste de la misma se desciende al nivel del mar en las barras de San Agustín y del Camarón en tan sólo una distancia de 83 km aproximadamente (ver figura 2). Sin embargo, este cambio de altitud no es homogéneo sino que en las numerosas serranías que existen en la Región, todas de origen volcánico (entre las que destacan el Cofre de Perote, la Sierra de Manuel Díaz y la de Chiconquiaco) el cambio es muy brusco (en la ladera oriental del Cofre de Perote se desciende desde 4282 hasta 1700 metros en tan sólo 10 km), siendo después el descenso relativamente suave hasta la llanura costera.

La llanura costera varía de anchura a diferentes latitudes. Considerando la cota de 200 metros como límite máximo de la planicie, tenemos que su mínima anchura (2 km) se encuentra en las estribaciones de la Sierra de Manuel Díaz, aumentando gradualmente hacia el sur, alcanzando 25 km inmediatamente después de dicha sierra y más de 30 al extremo sur de la Región.

Climáticamente, la Región es muy heterogénea. Una clasificación a grosso modo se puede resumir como sigue, de acuerdo a la carta climática Veracruz 14C-VI (U.N.A.M., 1970).

La temperatura responde directamente al relieve, por lo que las isotermas y las curvas de nivel se sobreponen delatando la topografía de la Región. De manera general, la temperatura disminuye con la altura y de una forma más drástica en las altitudes principales como son el Cofre de Perote y la Sierra de Chiconquiaco.

La disminución de la temperatura media anual va de más de 24° C en la costa hasta valores inferiores a 5° en la cumbre del Cofre de Perote, volviendo a aumentar conforme se desciende hasta el oeste, alcanzando los 16° C al centro del Valle de Perote-Libres, en su parte poblana.

La precipitación presenta un comportamiento completamente distinto, influyendo en forma particular la sierra de Chiconquiaco que representa la barrera septentrional de los vientos húmedos del noreste (alisios), por lo que las isoyetas incrementan su valor hasta más de 2000 mm en dicha sierra, disminuyendo paulatinamente hacia el sur y rápidamente hacia el sureste.

Hacia el sur de Coatepec, la precipitación experimenta otro aumento debido a lo accidentado de las estribaciones del Pico de Orizaba. Además el efecto de barrera de lluvias que representa la sierra de Chiconquiaco desaparece (por encontrarse demasiado al norte) y penetra la influencia de los vientos húmedos por el sureste de dicha sierra. Este incremento de lluvia supera incluso los 2000 mm en la zona de Ixhuacán, correspondiendo a la parte más húmeda de la Región (Koterba y Lavín, 1979).

Tomando como máximos pluviales la sierra de Chiconquiaco y la región de Ixhuacán, la precipitación desciende hacia el oeste más o menos de manera uniforme hasta valores inferiores a los 600 mm en el Valle de Perote. La isoyeta que cruza las cimas del Cofre de Perote y el Pico de Orizaba es la de 1000 mm.

Por su régimen térmico los climas pueden catalogarse como fríos si su temperatura media anual es inferior a 5°, semifríos hasta 12°, templados si no exceden de 18°, semicálidos hasta 22° y cálidos si pasan de dicho límite. En cuanto a la Región, se presentan varias fajas paralelas entre sí con el siguiente patrón general:

Cálido en la llanura costera; templado en la sierra de Chiconquiaco, las estribaciones del Cofre de Perote y al occidente del Valle; semicálido, en las estribaciones de la sierra de Chiconquiaco y a altitudes menores que el templado; semifrío en las mayores altitudes (laderas con pendiente abrupta del Cofre de Perote), excepto en la cima, en que se presenta el clima frío.

Considerando además de la temperatura, el régimen pluvial y utilizando el sistema de clasificación de Koeppen puede anotarse que en general predominan los climas tropicales (A) al este del Cofre de Perote, clima templado (C) en el Valle de Perote y ambas laderas del Cofre excepto la cumbre, donde se presenta el frío de tundra (ET) y una franja que va desde la ciudad de Perote hacia el sureste donde se presenta clima seco estepario (BS).

Las condiciones ecológicas son asimismo muy variadas merced al cambio altitudinal.

El análisis de un perfil de vegetación que recorre de oeste a este la Región (figura 3) nos muestra a grosso modo y de una manera muy representativa los tipos de vegetación que se encuentran en la zona.

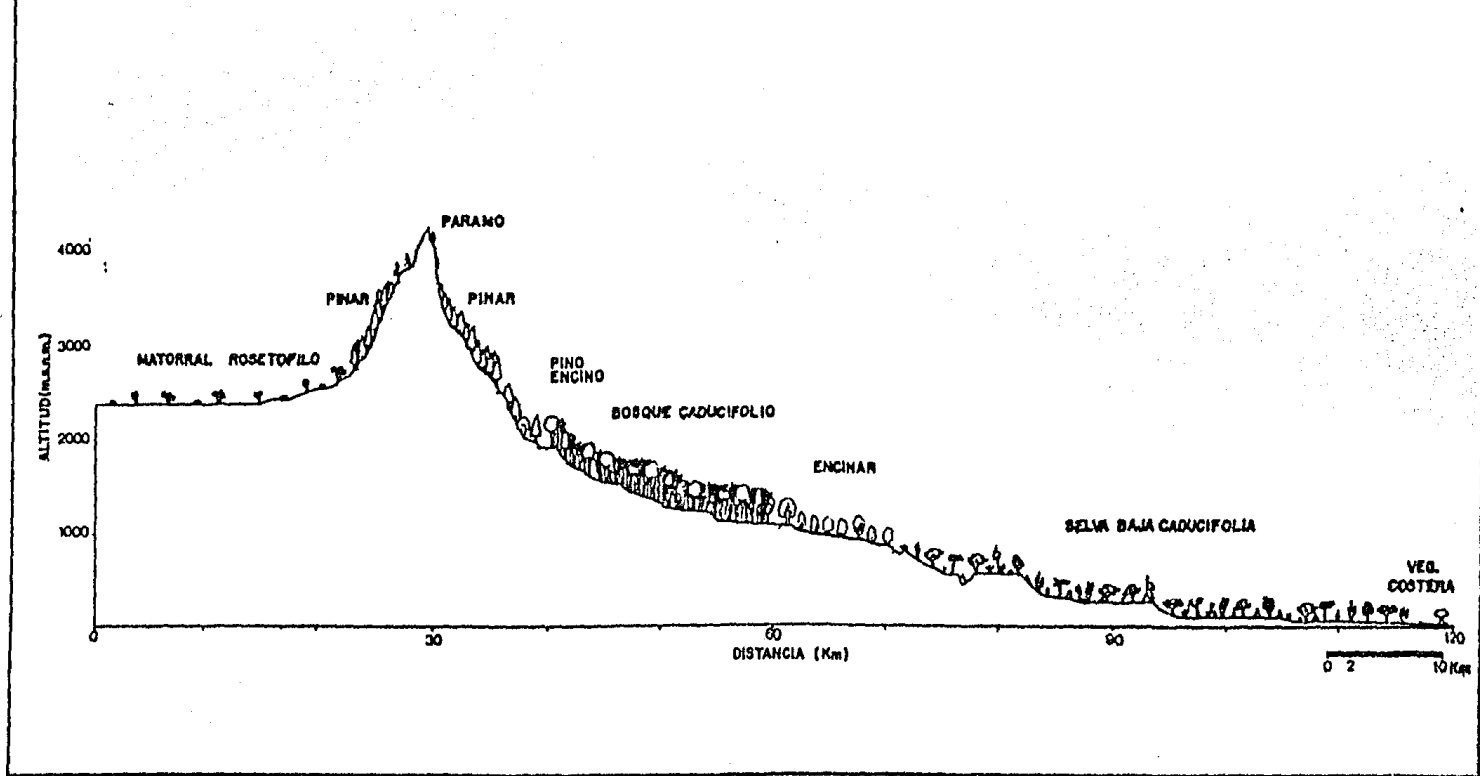
En el valle semiárido de Perote, que comprende el municipio homónimo y los de Ocotepéc, Cuyoaco y Tepayahualco predominan los pastizales y los cultivos y como vegetación natural -bastante perturbada- izotal y bosque de enebro (Juniperus sp.).

Las partes más altas, con pendientes más pronunciadas y que corresponden a las partes montañosas del Cerro Grande, Pizarro y Cofre de Perote poseen como tipo de vegetación dominante bosque mixto de pino-encino.

En ciertas partes del valle, las condiciones edáficas y de tipo hidrológico (endorreísmo) provocan la existencia de zonas inundables, de manera especial en los municipios de Libres y Tepayahualco, donde se ha desarrollado un pastizal halófilo característico (Gerez, 1982).

Los tipos de vegetación localizados a Barlovento del Cofre de Perote a grosso modo corresponden a los siguientes (ten Raa, 1982):

FIGURA 3. Perfil longitudinal de vegetación
de la Región Xalapa.
(Fuente: Sancholuz, Marten y Zolá, 1981)



Por encima de los 3800 m que es el límite altitudinal de crecimiento arbóreo a esta latitud, se encuentra el pastizal de grandes alturas, y en los límites superiores, influido también por lo abrupto de la pendiente, la roca desnuda.

Por debajo de esa cota y hasta los 2800 m aproximadamente se encuentra el bosque de pino.

En altitudes menores de los 2800 m.s.n.m. y hasta los 900 aparece el bosque de encino, mezclado primero con el pino (hasta los 2000 m) y en otras partes puro o mezclado con liquidámbar.

Existe una franja ubicada aproximadamente entre las cotas de 800 y 900 metros en que se desarrolla el pastizal, que divide el bosque de encino con la selva baja caducifolia, que domina debajo de la cota de los 800 metros y cuya existencia está determinada principalmente por mayores temperaturas y estacionalidad de la precipitación.

Por último se tiene en el extremo oriental, cerca del nivel del mar, la vegetación costera, de dunas, debida principalmente a limitantes edáficas (suelo principalmente arenoso), lo que ocasiona condiciones de aridez fisiológica.

En base a las descripciones generales físicas de la Región y las heterogéneas condiciones socioeconómicas se entiende por qué las actividades humanas en la misma son tan diversas, coexistiendo los cultivos adaptados a las condiciones climáticas específicas como arroz, mango, naranja, ciruela, papa, cebada y trigo con campos de maíz y frijol cultivados con una gran gama de tecnologías, superficies y condiciones físicas (Sancholuz, Marten y Zolá, 1981).

3. ANTECEDENTES

3.1 Conceptualización de erosión.

En sentido estricto se refiere al desgaste sufrido por el material superficial de la corteza por la acción de agentes externos tales como la lluvia, el viento o las corrientes de agua. Sin embargo, al haber desgaste (ablación) hay transporte del material separado por efecto gravitatorio (incluyendo de modo especial las corrientes de agua y glaciares) o por el viento; esta remoción generalmente es incluida como parte de la erosión (Guerra, 1980). Un aspecto correlativo a la acción destructiva de la erosión es la construcción de formas por el material erosionado (acumulación), cuya complementación con la primera tiende a la nivelación de terreno, que casi nunca ocurre por efecto de los fenómenos isostáticos y tectónicos. En sentido amplio se ha considerado a veces la depositación como parte de la erosión y ésta, aunada al intemperismo previo, de un proceso más general denominado denudación (o arrasamiento de la superficie).

Debe considerarse que la erosión es un proceso que ha ocurrido en mayor o menor grado en todos los ambientes climáticos del mundo de una manera natural y continua y que se encuentra en complementación con la orogenia y los levantamientos isostáticos (Civita, 1975). Ambas contrapartes van a estar actuando permanentemente y dando origen al llamado modelado terrestre (Derruau, 1966). En México, Estados Unidos y Africa Ecuatorial se han obtenido valores experimentales de pérdida natural del suelo y una recuperación del mismo, del orden de 0.5 a 11 tm/ha/año en ambos casos de acuerdo al tipo de suelo (S.A.R.H., 1977; Hudson, 1981).

Cabe hacer notar que la erosión, según su origen puede clasificarse en dos tipos (S.A.R.M., 1977; Espinoza, 1983):

- Erosión geológica, que es en sentido estricto el fenómeno natural que existe en contraposición a procesos morfogenéticos tales como la agradación o bien a la sedimentación (resultados finales de la erosión misma), por lo que se encuentra en equilibrio con el proceso de formación del suelo. Generalmente (aunque no siempre) ocurre en periodos de tiempo relativamente largos.
- Erosión inducida, ocurrida cuando actúa el hombre, y en la cual, merced a dicha influencia, la pérdida supera a la recuperación del suelo, convirtiéndose en un fenómeno grave con severas repercusiones en los planos ecológico y económico. A diferencia de la anterior, sus efectos pueden apreciarse en periodos cortos de tiempo.

El agente causal asimismo, puede ser de diversos tipos siempre preparada por la acción de los agentes meteoricos o biológicos que provocan el proceso denominado intemperismo o erosión in situ (Derruau, 1966). La acción de estos agentes pueden ser bruscas oscilaciones térmicas, penetración de agua en las hendiduras de rocas y su posterior explosión por congelamiento (gelivación) o alteración y disgregación química por acción de líquenes o raíces de plantas superiores o por sales provenientes de rocío marino, etc.

Una vez que ha ocurrido el intemperismo se prepara el transporte, que es la erosión propiamente dicha, cuyos principales agentes permiten clasificarla como sigue (Derruau, 1966):

a) Fluvial o linear. Debida a la acción de las corrientes de agua temporales o permanentes con un cauce definido. Sus principales manifestaciones son la excavación del lecho y paredes

y el transporte de diverso material de acuerdo a su granulometría (rodación, saltación, suspensión, solución y flotación). Los valles que forma este tipo de erosión son en forma de "V" y tienden a suavizar el paisaje.

b) Glacial. Es debida a grandes transportes masivos de hielo y nieve que acarrean enormes volúmenes de material de diferente granulometría que arrancan de las laderas por las cuales se desplazan, formando característicos valles en forma de "U" (Civita, 1975). En altas latitudes y altitudes forman el sistema de erosión predominante.

c) Areolar. Comprende a la acción de los agentes meteoricos y biológicos en los interfluvios, principalmente del siguiente tipo:

- Eólica. Provocada por la acción del viento, que utiliza como "herramientas" (Civita, 1975; Starker, 1977) pequeñas partículas que transporta en una función de lija, debilitando, destruyendo paredes de roca y transportando, muchas veces a grandes distancias material fino, como el loess de China a Siberia o "la sangre roja" (pequeñas partículas con gran contenido de hierro) del Sáhara a Europa y Kallalith. La manifestación de este tipo de erosión de una manera importante se restringe a regiones áridas y semiáridas (ver Tabla 1).
- Hídrica. Debida a la acción de la lluvia, que provoca erosión laminar (difusa) y concentrada (arroyada). Sus manifestaciones varían grandemente de grado dependiendo principalmente del tipo de protección que al suelo ofrece la vegetación.

d) Antrópica. El hombre no forma como tal un agente de transporte, pero sí favorece la acción de la lluvia y el viento de manera especial al desproteger el suelo de su cubierta natural. La acción del hombre, combinada con la de la lluvia en diferentes

Tabla 1. Tipos de erosión según su agente causal y magnitud de influencia en los mayores países del mundo.

País	Superficie (km ²)	Magnitud del tipo de erosión (*) en base al porcentaje de la superficie nacional afectada en cada caso.				Principal limitante geográfica o climática.
		1a.	2a.	3a.	4a.	
1. U.R.S.S.	22 402 200	Eólica	Sin peligro	(Hídrica potencial)	(Hídrica actual)	Continentalidad y latitud
2. Canadá	9 976 137	Eólica	Sin peligro	(Hídrica potencial)	(Hídrica actual)	Latitud
3. Rep. Pop. China	9 596 916	Sin peligro	Eólica	Hídrica actual	Hídrica potencial	Continentalidad
4. Estados Unidos	9 363 498	Eólica	Hídrica actual	Hídrica potencial	Sin peligro	Continentalidad
5. Brasil	8 511 965	Hídrica potencial	Sin peligro	(Hídrica actual)	---	---
6. Australia	7 682 300	Hídrica actual	Eólica	Hídrica potencial	---	Aridez
7. India	3 287 590	Hídrica actual	Hídrica potencial	Eólica	---	---
8. Argentina	2 776 889	Hídrica potencial	Sin peligro	(Hídrica actual)	(Eólica)	Continentalidad
9. Sudán	2 505 813	Eólica	Hídrica actual	---	---	Aridez
10. Argelia	2 381 741	Eólica	Hídrica actual	---	---	Aridez
11. Zaire	2 344 885	Hídrica potencial	Hídrica actual	---	---	---
12. Kallelith (Groenlandia)	2 175 600	Glacial	---	---	---	Latitud
13. Saudi-Arabia	2 149 690	Eólica	Hídrica actual	---	---	Aridez
14. MEXICO	1 958 201	Hídrica actual	Hídrica potencial	(Eólica)	---	Continentalidad
15. Indonesia	1 919 270	Hídrica potencial	(Hídrica actual)	---	---	---
16. J. Arabe Libia	1 759 540	Eólica	(Hídrica actual)	---	---	Aridez

(*) Tipos de erosión:

HÍDRICA ACTUAL. Particular susceptibilidad a la erosión hídrica.

HÍDRICA POTENCIAL. Susceptibilidad a la erosión hídrica al removerse la cubierta vegetal.

EÓLICA. Particular susceptibilidad a la erosión eólica.

GLACIAL. Susceptibilidad a la acción de los glaciares.

SIN PELIGRO. Susceptibilidad en grado mínimo a la acción del agua y viento.

FUENTE: Hudson (1981).

sistemas constituye con mucho, el mayor poder erosivo en los interfluvios y hacia ella está orientada el presente estudio.

3.2 La erosión como problemática nacional.

La tendencia normal de un área afectada por la erosión es presentar condiciones áridas cada vez más evidentes. Si se considera que en nuestro país las zonas áridas y semiáridas ocupan una gran extensión (75% según Bassols, 1978; 83% según El-Swaify, Cangler y Armstrong, 1979 y en el mejor de los casos 40% según Ortiz, 1980) se puede entender la importancia que reviste el fenómeno erosivo, que es una causa importante de la precaria situación actual de grandes regiones agrícolas del país.

Sin embargo, para una mejor comprensión de la magnitud real de este fenómeno cabe efectuar un análisis desde el punto de vista físico y económico-social.

México es un país sumamente montañoso con una gran superficie (64% según Bassols, 1978) de más de 10% de pendiente, donde la vegetación natural predominante es de bosque; sin embargo, el mal manejo, producto de prácticas ancestrales muchas veces inconvenientes (deforestación para fines agrícolas) aunado a las malas políticas gubernamentales de uso del suelo (incremento de la superficie agrícola a costa de áreas forestales) provocan que ocurra una alteración ecológica a gran escala traducida en pérdida de suelo, con sus consecuentes alteraciones climáticas.

Un suelo rico y profundo sólo puede desarrollarse en pendientes suaves cuando están protegidas por vegetación; esto ocurre solamente en paisajes viejos, aplanados por la erosión

(Civita, 1975), por lo que debido a las características crográfico-climáticas de México y en especial de Veracruz, la erosión es inducida mediante las siguientes actividades (Espinoza, 1983): la destrucción de la vegetación natural, la introducción al cultivo de áreas con pendiente pronunciada (laderas tropicales), el surcado en el sentido de la pendiente, el sobrepastoreo, la tala inmoderada, la ausencia de prácticas de conservación del suelo y el agua, etc. Rey (1978) hace mención del aumento de la superficie de áreas afectadas por la erosión provocada por el mal manejo de los recursos asignando valores de 72% del territorio nacional en este problema en 1950 y 80% 24 años después.

Como consecuencia del inadecuado uso del suelo en áreas tropicales además de la insuficiencia de infraestructura en regiones semiáridas, se tiene un abatimiento del producto de las actividades agropecuarias, ocasionando la insuficiencia del mercado interno y la consecuente importación de algunos productos básicos.

La reducción de la erosión inducida a un límite "aceptable" es posible cuando menos en teoría, permitiendo abatir la diferencia entre la velocidad de pérdida de suelo y la tasa de formación del mismo aún en terrenos en producción. Para tal fin es necesario realizar una planeación adecuada considerando valores de formación del suelo (de difícil cuantificación) determinados experimentalmente en suelos recuperados después de una alteración causada por las prácticas de labranza. Estos valores (S.A.R.H., 1977) ascienden a 1.8 (t/ha/año) para suelos poco profundos y de permeabilidad reducida. Tales cifras pueden considerarse muy conservadoras y es probable que cantidades hasta de 4 o 5 (t/ha/año) sean admisibles para los mismos (Foster et al, 1981) aunque Wischmeier y Smith (1978) y Hudson (1981) dan valores incluso de 4.5 a 11.2 t/ha/año, determinadas en base a profundidad del suelo

y propiedades físicas que afectan el desarrollo de raíces, así como problemas de sedimentación y reducción de porcentaje de materia orgánica y pérdida de nutrientes; se ha considerado que unos 25 mm de suelo se forman en condiciones naturales en 300 a 1000 años e incluso en 100 o menos cuando dichas condiciones son favorables (Hudson, 1981).

En el área de estudio considerada, cuyas características y ubicación serán expuestas más ampliamente en el Cap. 2, los principales agentes erosivos, aparte de las corrientes, que restringen su acción a cauces y que tienen un importante papel en el transporte de los sedimentos, son el viento y la precipitación.

La acción del viento es realmente importante únicamente en las zonas áridas y semiáridas, restringidas al oeste del área de estudio y su cuantificación llevada a cabo mediante la Ecuación para Erosión Eólica aplicada en la planeación regional por Briggs y France (1981) no será considerada en el presente estudio.

La erosión hídrica ofrece el mayor efecto en los interfluvios y es derivada de la precipitación y su consecuente escurrimiento; la topografía y el clima originan que sea este tipo de erosión el que ofrezca un mayor impacto en la zona.

Se plantea la necesidad de una planeación a nivel nacional sobre la base regional (por su homogeneidad) o local más que sobre la base estatal, respetando por funcionalidad la división municipal (Bassols, 1978). Este tipo de planeación debe considerar aspectos de tipo ecológico (protección del medio ambiente), integrando trabajos de inventario y cuantificación de erosión, con el fin de conocer globalmente los factores físicos y humanos que intervienen en la producción agropecuaria de una determinada zona para su posterior análisis, evaluación y planeación.

3.3 Inventarios de erosión.

Para las labores de cuantificación de la erosión es muy útil contar con inventarios de áreas erosionadas con el fin de tener una idea de la ubicación de este fenómeno para orientar los esfuerzos y confrontar los resultados cuantitativos producto de la aplicación de las metodologías del primer tipo.

La importancia que revisten este tipo de inventarios es que mediante ellos es posible ubicar programas de conservación de suelo y agua, a fin de jerarquizar necesidades de protección y tener con ello mayor control en el deterioro del medio ambiente, pudiendo así elaborar programas a corto, mediano y largo plazo (S.A.R.H., 1979).

Para el control de la erosión es preciso considerar a ésta desde el punto de vista estático y dinámico, logrando lo primero mediante inventarios de erosión y lo segundo mediante metodologías de cuantificación que permitan conocer la susceptibilidad a la erosión en las diversas unidades de suelos.

El plasmar en un mapa aspectos relacionados con la erosión plantea el problema de su subjetividad para clasificarse. Diversos intentos en este sentido se aprecian en la tabla 2; de éstos, la clasificación FAE es la más apropiada para realizar un inventario de zonas erosionadas pues considera la remoción de la capa superficial del suelo y el porcentaje de área afectada. La tabla 3 muestra la clasificación mencionada en último término.

La clasificación implementada por la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua (S.A.R.H., 1979) considera las experiencias de diversas escuelas en este sentido utilizando para tal efecto imágenes de satélite, mediante las cuales se detectaron

Tabla 2. Clasificaciones sobre erosión.

CLASIFICACION	AUTOR	CLASES	CONCEPTOS
Capacidad de uso de los terrenos	Klingebiel y Montgomery	8	No establece rangos, solo da calificativos cualitativamente.
Uso Potencial	O.G.G.	8	Establece rangos porcentuales de la pérdida de horizontes A y B.
Clasificación de terrenos erosionados (España)	Azcárate	8	No establece rangos, sólo da calificativos cualitativamente: algo susceptible, sin peligro, mayor peligro, etc.
Clasificación de terrenos erosionados	DGCSA-1962	6	Establece rangos porcentuales de la pérdida de horizontes A y B.
Clasificación para erosión	FAO	5	Establece rangos de porcentaje de pérdida de suelo de la capa superficial y el porcentaje de la superficie afectada.
Clasificación por erosión	Soil Conservation Service, USDA-1977	5	Establece rangos con pérdida de suelo de la capa superficial.

FUENTE: S.A.R.H. (1979).

Tabla 3. Clasificación FAC para erosión (1954).

CLASE	NOMBRE DE LA CLASE	DEFINICIÓN DE LA CLASE
A	Erosión no manifiesta	Es aquel suelo que ha perdido menos del 25% de la capa superficial, pero que admite un 10% de su superficie total con grado de erosión B o C.
A/B	Muy poca erosión dominante	Es aquel suelo que ha perdido menos del 25% de la capa superficial, pero que tiene de un 10 a un 25% de su superficie total con grado de erosión B o C.
B	Erosión moderada	Es aquel suelo que ha perdido del 25 al 75% de la capa superficial, pero que admite un 10% de su superficie total con grado de erosión A o C.
B/C	Erosión de moderada a severa	Es aquel suelo que ha perdido del 25 al 75% de la capa superficial, pero que tiene de un 10 a un 25% de su superficie total con grado de erosión A o C.
C	Erosión severa	Es aquel suelo que ha perdido más del 75% de la capa superficial total con grado de erosión A o B.

FUENTE: S.A.R.H. (1979).

zonas con vegetación densa, intermedia y ausente en épocas húmeda y seca, sobreponiéndose los dos planos obtenidos así para dar un tercero, cuyo valor estriba en la consideración de la dinámica de la cobertura vegetal en el terreno, y por consiguiente de los procesos erosivos.

3.4 Ecuaciones de cuantificación de erosión.

Es en la década de los 40s cuando se empiezan a desarrollar este tipo de ecuaciones en los Estados Unidos, como una necesidad en la planeación agrícola, primeramente para el "Corn Belt" o Faja del Maíz (estados centro-meridionales), posteriormente para el resto de los estados centrales y orientales, adaptándose por último a las condiciones montañosas de los estados occidentales y Hawaii.

En 1940, Zingg establece una ecuación relacionando la pérdida de suelo con la pendiente del terreno, tanto su longitud como su grado de inclinación. Smith, en 1941 suma a estos elementos la consideración del tipo de cultivo y las prácticas de conservación, así como el concepto de un límite de determinada pérdida de suelo (Wischmeier y Smith, 1978).

El suelo y sus factores de manejo fueron adicionados a los factores anteriores por Browning (Wischmeier y Smith, 1978), quien además preparó una serie de tablas para simplificar el uso en campo de la ecuación en Iowa.

Tanto diferentes investigadores como el personal de operaciones del Servicio de Conservación de Suelos en los estados norcentrales trabajaron en la creación de la ecuación de laboreo en pendiente para su uso en la Faja del Maíz.

La extensión del uso de la ecuación para otras regiones por parte de un comité nacional reunido en Ohio en 1946 dió origen a la llamada Ecuación de Musgrave al considerarse el factor de precipitación en la estimación de la erosión en cuencas. Dicha ecuación puede resumirse así (Rey, 1978):

$$E = T \times S \times L \times P \times M \times R$$

Donde: E (erosion)= erosión.

T (soil type)= tipo de suelo.

S (slope)= pendiente.

L (length)= longitud.

P (agronomic practice)= prácticas agronómicas.

M (mechanical protection)= prácticas mecánicas.

R (rainfall)= lluvias.

Una solución gráfica de la ecuación propuesta en 1952 por Lloyd y Fley fue ampliamente usada por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos para los estados nororientales (Wischmeier y Smith, 1978).

El mejoramiento de la ecuación, con la resolución de muchas de las limitaciones de las ecuaciones anteriores, realizado por Wischmeier en 1954 (a través de la coordinación del Servicio de Investigación Agrícola con la Universidad de Purdue), dió origen a la que se denominaría como Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (en inglés Universal Soil Loss Equation = USLE), distinguible del carácter regional de las demás ecuaciones por su aplicabilidad de una manera más o menos general a cualquier sitio dentro de un rango de condiciones físicas y culturales. Esta ecuación surgió después de la recopilación y análisis estadístico de más de 10 000 años-parcela de datos de escurrimiento superficial y pérdida de suelo. Posteriores operaciones con simuladores de lluvia en diversas entidades del centro y este del país permitieron obtener datos faltantes para el mejoramiento de la Ecuación.

El análisis estadístico de los datos de campo antes mencionados arrojó algunos avances en la ecuación de pérdida de suelo como son:

- Un índice de erosión por precipitación obtenido a partir de características locales de precipitación.
- Un factor cuantitativo de erodabilidad de suelos obtenido directamente a partir de datos edáficos, independientemente de las características de topografía y precipitación.
- Un método de evaluación de los efectos de las técnicas de cultivo en relación a condiciones climáticas locales.
- Un método que explica los efectos de las interacciones entre sistemas de cultivos, nivel de productividad y manejo de residuos.

Posteriormente a 1965, el uso de la USLE se ha extendido y se han afinado algunas técnicas de estimación de erosión y sedimentación por lluvia y de ciertos factores. Dentro de estas innovaciones se cuentan: la creación de un nomograma de erodabilidad para tierras en laboreo, determinación de factores topográficos para pendientes irregulares, índices de erosión estimados para los estados occidentales y Hawaii, etc.

3.5 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

3.5.1 Postulación general de la Ecuación.

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) es un modelo matemático, producto -como se menciona en el inciso anterior- de análisis empíricos, que permite predecir a mediano plazo los volúmenes de suelo perdido por escurrimiento en áreas específicas con cobertura natural y/o cultivos o sistemas de ellos.

La cuantificación con base en esta ecuación se logra tomando en consideración seis factores de tipo físico y cultural, cuyas variaciones impredecibles no pueden ser consideradas por aquélla sobre todo a largo plazo.

El enunciado general de la Ecuación es como a continuación se describe (Wischmeier y Smith, 1978):

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Donde

A = Volumen de suelo perdido en un área específica durante un período predeterminado. Las unidades más usuales en el sistema inglés son ston/acre/año (toneladas cortas de suelo por acre en un año), pero las más prácticas, determinadas por el sistema internacional de unidades son tm/ha/año (toneladas métricas por hectárea en un año).

R (Rainfall erosivity index) = Factor de erosividad por precipitación y escurrimiento. Es el número de unidades EI

(Índice de erosión por precipitación) más un factor por escurrimiento de deshielo en su caso o agua aplicada cuando permite un escurrimiento significativo. Se computa en $(MJ \times mm)/(ha \times hora \times año)$ en el sistema internacional de unidades (Foster et al, 1981).

- K (Soil erodibility factor) = Factor de erodabilidad. Corresponde a la tasa de pérdida de suelo por unidad EI para un suelo específico referido a una parcela que posea 22.128 metros de longitud y una pendiente uniforme de 9% en una parcela barbechada que se ha arado y limpiado de residuos. La tabulación según Foster et al (1981) en el sistema internacional de unidades es en $(tm \times ha \times hora)/(ha \times MJ \times mm)$.
- L (Length factor) = Factor de longitud de pendiente. Corresponde a la tasa de pérdida de suelo referida a una parcela con una longitud de 22.128 metros. Carece de unidades.
- S (Slope factor) = Factor de inclinación de pendiente. Generalmente se encuentra relacionado con el anterior. Corresponde a la tasa de suelo perdido en una pendiente de 9%. Como el anterior, carece de unidades.
- C (Crop management factor) = Factor de cobertura y manejo. Es un factor cultural y corresponde a la tasa de suelo perdido en un área con una cobertura y manejo específicos referida a la pérdida que habría en un suelo barbechado sin cultivos. Es también adimensional.
- F (Conservation practice factor) = Factor de prácticas de conservación. Es la tasa de pérdida de suelo en un área con una determinada práctica de conservación, ya sea terraza, surcado en contorno o fajas en pendiente, en relación a la

pérdida potencial con un surcado en el sentido de la pendiente. Carece de dimensiones y es naturalmente un factor cultural.

La forma de cuantificación de cada uno de estos factores, así como su importancia se mencionan en los siguientes incisos.

3.5.2 Factor de erosividad.

Es la influencia que tiene la precipitación sobre el suelo y es debido al impacto de las gotas de la lluvia precipitada sobre el mismo, que de acuerdo al porcentaje de cobertura vegetal que tenga éste va a producir salpicamiento en mayor o menor grado, comenzando así el proceso de erosión. La tasa de erosividad de la precipitación depende asimismo del diámetro de la gota, la altura de la cual se precipita y la intensidad y duración de la lluvia. Una vez que se ha empezado a producir el salpicamiento, las partículas de suelo liberadas tapan los poros de la superficie impidiendo la filtración y provocando el escurrimiento con el consecuente transporte de suelo (Rey, 1978). Para que empiece a producirse el escurrimiento debe transcurrir cierto tiempo, sobre todo para poder encontrar una relación aceptable entre suelo perdido y escurrimiento, aceptándose comúnmente 30 minutos. Conforme aumenta el caudal del escurrimiento se eleva la capacidad de transporte pero en forma exponencial, aumentando aún más el poder erosivo de la corriente (Civita, 1975).

Mediante diversos experimentos en varias partes del mundo (Estados Unidos, Africa tropical, etc.) se han obtenido diversos índices de medición de la erosividad de la lluvia (EI_{30} , $KE>1$, AI_m , Fournier) adaptados generalmente a sus respectivas regiones de estudio, y que consideran como parámetros básicos la energía

cinética total, la cantidad y la intensidad de las lluvias (Roose, 1976; Arias, 1980). En el presente estudio se utilizó el método de EI_{30} (el producto de la energía cinética total de la lluvia y la intensidad máxima en 30 minutos) adaptado a la escasez de datos de la Región; por la carencia de mediciones continuas de lluvia y la escasez de pluviógrafos se utilizó para la obtención del factor R la siguiente fórmula: $R = 6.28 P^{2.17}$ (Wischmeier y Smith, 1978), donde P es la lluvia máxima en 24 horas de un sitio dado en cm con un 50% de probabilidad de registro. Esta fórmula ha sido obtenida de correlaciones existentes entre el parámetro anterior (lluvia máxima en 24 horas) y el grado de erosividad de la lluvia, considerando que generalmente el volumen de una lluvia diaria se encuentra en menos de seis horas, cuya intensidad a su vez toma en cuenta la intensidad máxima en 30 minutos.

3.5.3 Factor de erodabilidad.

Siendo la erodabilidad la tendencia intrínseca que posee un suelo de erosionarse va a influir en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en función de ciertos parámetros primarios y secundarios.

Ciertos experimentos llevados a cabo en campo y en laboratorio reproduciendo en lo posible las condiciones naturales han arrojado altas correlaciones entre la textura de un suelo y su erodabilidad, de manera especial la parte correspondiente a la fracción limo suada a la arena muy fina de 0.002 a 0.1 mm de diámetro, el porcentaje de arena de 0.10 a 2.0 mm (Rey, 1978) y la materia orgánica.

Referente a la textura es conveniente anotar que un suelo con partículas gruesas (arenas) será menos erodable que aquél con

predominancia de limos por la dificultad que tiene el agua de transportar partículas mayores, asimismo la arena facilita la velocidad de infiltración por la existencia de poros mayores, por lo que el escurrimiento con su consiguiente transporte de suelo disminuye. La influencia de la materia orgánica y la arcilla es principalmente debida al efecto de cohesión, al actuar como cementantes de las partículas del suelo por lo que oponen más resistencia a la acción del escurrimiento del agua (Rey, 1978).

Existen otros parámetros que influyen de manera secundaria en la erodabilidad y son la permeabilidad y la estructura, el primero por la relación que existe entre el grado de saturación del suelo merced a la eliminación de los electrolitos y la subsecuente dispersión gradual y nuevo arreglo de las partículas de arcilla (Rey, 1978). En cuanto a la estructura, su importancia está de acuerdo al grado de estabilidad del suelo, que depende a su vez de las materias coloidales que producen la cementación de las partículas primarias en agregados estables (Rey, 1978).

La consideración de los parámetros anteriormente descritos se plasma de manera gráfica en un nomograma elaborado por Wischmeier que se muestra en la figura 4, a partir de donde se obtiene el valor del factor K mediante el ingreso de los valores en primer lugar del limo más la arena fina (0.002 - 0.10), la fracción mayor de la arena (0.10 - 2.0 mm) y la materia orgánica, así como la estructura y la permeabilidad, que dan un valor más fino del factor.

En el ejemplo considerado en la figura 4 se determinó la erodabilidad de un suelo limoso que poseía las siguientes características: 65% de limo y arena muy fina, 5% de arena en su fracción mayor, 2.8% de materia orgánica, estructura granular fina y permeabilidad moderadamente lenta. El valor del porcentaje del limo y arena muy fina se introdujo en la columna extrema

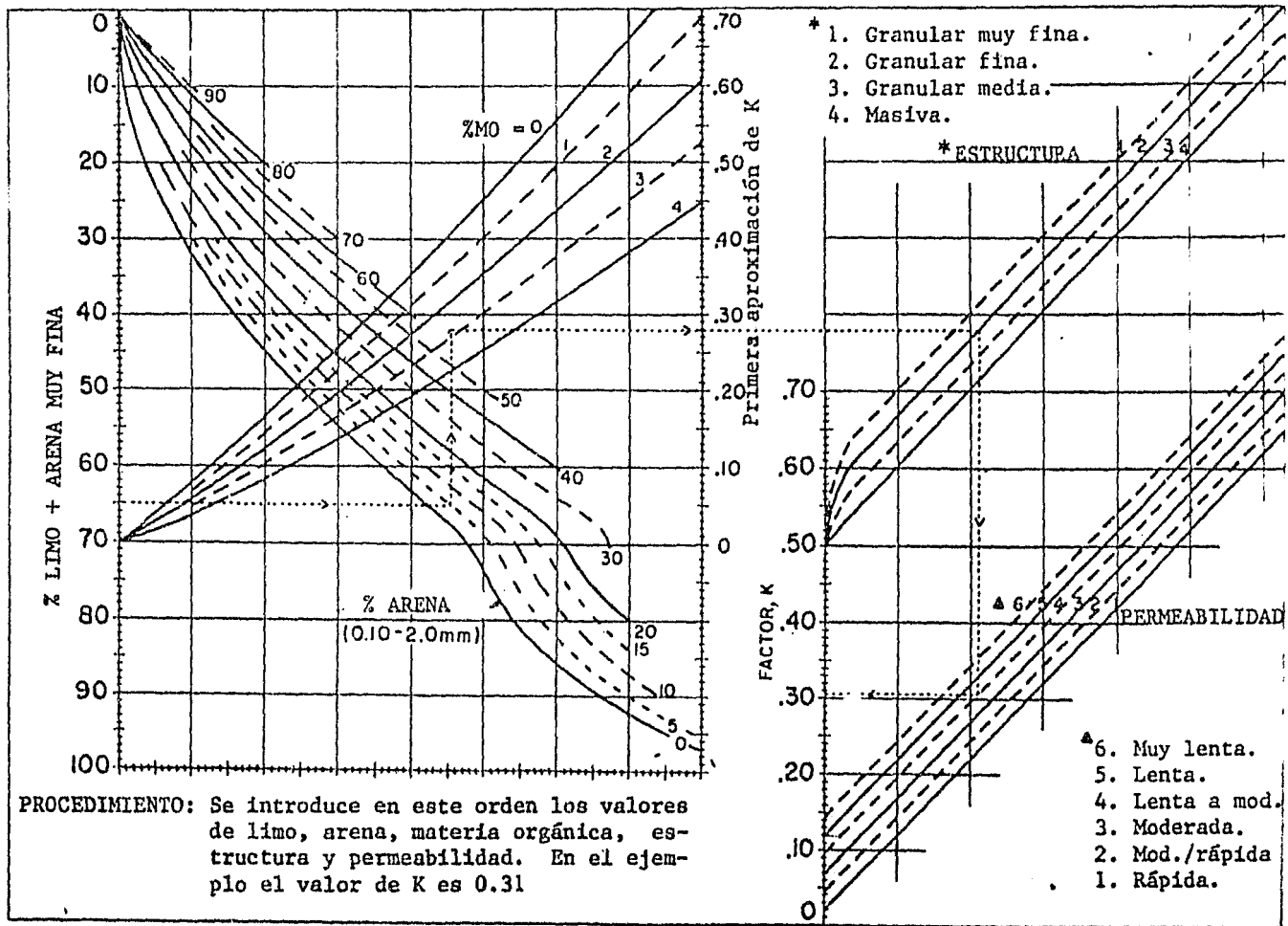


FIGURA 4. Nomograma de erodabilidad.

(Fuente: Wischmeier y Smith, 1978).

izquierda, prolongándose horizontalmente hasta cortar la línea correspondiente al porcentaje de arena y hacia arriba hasta el de materia orgánica. El valor resultante es leído en la línea correspondiente a la primera aproximación de K (en este caso 0.28). Si se desea obtener un valor más fino del factor, la línea debe continuarse horizontalmente hasta cortar el valor correspondiente a la estructura según el código adjunto y hacia abajo, donde toque el valor de la permeabilidad. El valor obtenido es el del factor K (0.31 en el nomograma) o erodabilidad del suelo en cuestión, en $\frac{\text{tm} \times \text{ha} \times \text{hora}}{\text{ha} \times \text{MJ} \times \text{mm}}$.

El uso de este nomograma es bastante práctico y ha arrojado resultados satisfactorios (Rcose, 1976), quedando limitado su uso a la disponibilidad de los valores que se piden, sobre todo a la textura y materia orgánica que dan una primera aproximación y una idea muy clara de la erodabilidad de un suelo; sin embargo, cuando se utilizan bancos de datos, muchas veces se carece de los valores de permeabilidad y estructura, por lo cual debe prescindirse de ellos afectándose el grado de precisión del factor que, ofrece aún un grado de confiabilidad relativamente aceptable; sin embargo siempre es deseable la posesión de los valores mencionados (Espinoza, 1981). Dicho nomograma es el resultado de la graficación de la siguiente ecuación, utilizada normalmente en la obtención de K, como en el caso del presente estudio (Wischmeier y Smith, 1978):

$$K = 2.1M^{1.4}(10^{-4})^{12-a} + 3.25(b-2) + 2.5(c-3)$$

100

Donde:

a = % de materia orgánica

b = código de estructura

c = clase de permeabilidad

M = (% de limo + arena muy fina)(100 - % de arcilla)

Los códigos de estructura y permeabilidad son cualitativos y se aprecian en la figura 4. La materia orgánica por otro lado, tiene como límite para su consideración en el modelo USLE.FDR descrito en el inciso 5.4 el valor de 12% aunque el uso del nomograma restringe el límite a 4% (Wischmeier y Smith, 1978) o 6% (Arnoldus, 1977), constituyendo un parámetro muy débil en cuanto a su consideración.

3.5.4 Factor de pendiente.

Wischmeier y Smith (1978) definen la pendiente (L) como la distancia existente entre el punto de origen del escurrimiento hasta que se inicia la depositación o bien el escurrimiento llega a un canal bien definido de una red de drenaje o un canal construido, mientras que S es la inclinación del campo dado en términos de porcentaje.

Es conveniente anotar que LS corresponde al factor más débil de la Ecuación ya que depende en cierta manera de los valores de los factores K y C (Roose, 1976).

L y S generalmente han sido considerados como dos factores separados, pudiendo relacionarse entre sí como un solo factor, sobre todo para la determinación de ciertas prácticas conservacionistas como terrazas, donde la longitud se encuentra en función de la inclinación (Hudson, 1981). La ecuación que define este factor combinado se describe como sigue:

$$LS = (\lambda / 22.128)^m (65.41 \text{sen}^2 \theta + 4.56 \text{sen} \theta + 0.065)$$

Donde:

El primer factor es L

El segundo factor es S

λ = longitud de pendiente en metros

θ = ángulo de pendiente

m = variable que representa la influencia exponencial de la inclinación sobre la longitud, adquiere los siguientes valores:

0.2 cuando $\theta < 1\%$

0.3 cuando $\theta = 1$ a 3%

0.4 cuando $\theta = 3.5$ a 4.5%

0.5 cuando $\theta = 5\%+$

La consideración de 22.128 como valor de referencia en la longitud de pendiente se debe a que éste fue el valor en el cual Wischmeier encontró una óptima correlación entre dicho parámetro y la pérdida de suelo. Valores mayores a éste siempre tendían a sobreestimar los volúmenes de suelo perdido en los casos experimentales y los menores eran poco representativos.

La relación de la inclinación de pendiente con la pérdida de suelo es de tipo logarítmico y determina el exponente del factor de longitud.

Generalmente la pendiente debe considerarse homogénea cuando no existen bruscos cambios de la inclinación de la misma para fines prácticos, sin embargo, frecuentemente esto no es posible, por lo que se han elaborado tablas donde se determina la influencia por segmentos divididos de acuerdo al cambio de inclinación, lo mismo que cuando hay cambio de tipo de suelo, en cuyo caso se obtiene el valor combinado de los factores KLS.

3.5.5 Factor de cobertura y manejo.

Se encuentra en función del grado protector de la cubierta vegetal, ya sea natural o cultural que posea el suelo. Corresponde a uno de los factores más importantes de la Ecuación, cuya regulación en mayor o menor grado es posible.

El valor de este factor no es intrínseco -generalmente- de un sitio específico salvo en condiciones muy especiales y depende del estadio de desarrollo del cultivo anual o de la protección que ofrezca en una estación determinada un cultivo perenne o la vegetación natural. En el caso de los cultivos se consideran cinco periodos fenológicos para el cálculo del factor C, mientras que dicho número aumenta a ocho en la zona tropical húmeda donde hay dos ciclos anuales (Roose, 1976).

Cabe hacer mención, que independientemente de la cobertura vegetal, siempre existe el fenómeno de la erosión, como un proceso natural que da un carácter dinámico a la morfología terrestre (ver inciso 3.1), sin embargo, en condiciones naturales este proceso se encuentra en equilibrio con la tasa de formación de suelo (ver inciso 3.2), además cuando la vegetación protege en menor grado al suelo es en la época más seca, aunque también va a tener pocas o ninguna lluvia erosiva. En el caso de la Región Xalapa, esto no es tan evidente pues la cobertura vegetal siempre es densa en mayor o menor grado, haciéndose patente la erosividad pluvial cuando las parcelas de cultivo carecen del mismo y sólo están cubiertas por pequeñas hierbas anuales de hoja ancha, y cuando después son quitadas para preparar el terreno a cultivos de escarda.

En condiciones alteradas por las prácticas agropecuarias se destruye el equilibrio antes mencionado, sobre todo en el caso de

los cultivos anuales, pues se favorece la erosión en la época en que se encuentra desprotegido el suelo y ante todo con las primeras lluvias erosivas del año, cuando el cultivo ofrece poca o ninguna protección.

La cuantificación del grado de protección de la vegetación al suelo (factor C) ha sido resumido en la tabla 4 de Wischmeier y Smith (1978), como producto de observaciones de pérdida de suelo bajo diferentes condiciones en cultivos y vegetación natural, que a pesar del carácter regional de la misma, permite una aplicabilidad confiable a diversas condiciones. El uso de esta tabla, así como el conocimiento de las condiciones fenológicas de diversos sistemas de cultivo en condiciones medias de la Región Xalapa, permitió a Marten (1980) la elaboración de la tabla 5 que muestra los valores del factor C para los mismos.

En la tabla 4 se considera la protección del suelo a nivel superficial y por pisos de vegetación (estratos) a diversas alturas, así como en distintos grados. Así, se puede apreciar que la protección que ofrece el pasto o materia orgánica en la superficie es mucho más importante que la de los estratos superiores. Roose (1976) hace mención de tal grado de protección al anotar que "unos centímetros de mantillo protegen más al suelo que un bosque mediano denso de 30 metros de altura".

3.5.6 Factor de prácticas conservacionistas.

El valor obtenido de los factores de tipo físico RKLS ya abatido merced a la protección de la vegetación, puede verse disminuido aún más cuando se consideran las prácticas de conservación del suelo que existen en algunos sistemas.

Tabla 4. Obtención de valores de C para pastizales, tierras cultivadas y tierras ociosas.

ESTRATIFICACION VEGETAL		COBERTURA QUE ESTA EN CONTACTO CON LA SUPERFICIE.							
TIPO Y ALTURA DEL ESTRATO CULTIVADO	%	COBERTURA	TIPO*	PORCENTAJE DE SUELO CUBIERTO.					
				0	20	40	60	80	95-100
				- - - - - V A L O R D E C - - - - -					
Estrato no apreciable			G	.45	.20	.10	.042	.013	.003
			W	.45	.24	.15	.090	.043	.011
Estrato de hierbas altas o matorrales pequeños (0.5 m de altura)	25		G	.36	.17	.09	.038	.012	.003
			W	.36	.20	.13	.082	.041	.011
	50		G	.26	.13	.07	.035	.012	.003
			W	.26	.16	.11	.075	.039	.011
	75		G	.17	.10	.06	.031	.011	.003
			W	.17	.12	.09	.067	.038	.011
Matorrales altos y arbustos o breñal (2 m de altura)	25		G	.40	.18	.09	.040	.013	.003
			W	.40	.22	.14	.085	.042	.011
	50		G	.34	.16	.085	.038	.012	.003
			W	.34	.19	.13	.081	.041	.011
	75		G	.28	.14	.08	.036	.012	.003
			W	.28	.17	.12	.077	.040	.011
Arboles y arbustos altos (4 m de altura)	25		G	.42	.19	.10	.041	.013	.003
			W	.42	.23	.14	.087	.042	.011
	50		G	.39	.18	.09	.040	.013	.003
			W	.39	.21	.14	.085	.042	.011
	75		G	.36	.17	.09	.039	.012	.003
			W	.36	.20	.13	.083	.041	.011

* G= Pasto o hierbas marchitas muy compactas.

W= Plantas herbáceas de hoja ancha.

FUENTE: Hirschmeier y Smith (1978).

Tabla 5. Valores de C por uso del suelo para las condiciones de la Región Xalapa.

PRODUCTO	GRADO DE PROTECCION (Factor C)	PRODUCTO	GRADO DE PROTECCION (Factor C)
Acahual	-	Matorral	.15
Bosque	-	Nanche-ciruola	.10
Cacahuate	.40	Papa	.30
Café	.05	Papaya	.38
Caña de azúcar	.18	Pastizal templado	.15
Cebada	.15	Pastizal tropical	.02
Frijol	.32	Plátano	.05
Frutal templado	.02	Ramón	.01
Frutal tropical	.05	Selva	-
Faba	.34	Soya	.50
Izotal	.14	Tamarindo	.10
Mafz	.38	Urbano	-
Manglar	0		

FUENTE: Marten, (1980).

Este factor, además de ser menos común, no es independiente, sino que está en función de la pendiente su grado de influencia en la Ecuación.

Generalmente se consideran tres prácticas conservacionistas básicas: el uso de terrazas, el surcado en contorno y las fajas de cultivos paralelas en pendiente, aunque hay otras menos comunes que son las camas de paja y artificiales (Roose, 1976) que impiden en cierto grado el acarreo del suelo al formar barreras para el mismo.

En las tres prácticas de conservación básicas mostradas en las tablas 6, 7 y 8 se observa que la máxima efectividad se encuentra en el rango de 3 y 8% de pendiente, tendiendo al valor de uno el factor P conforme decrece o aumenta el valor de la inclinación de ambos límites. La longitud de la pendiente también es muy importante en la consideración del factor P.

3.6 Dinámica y estacionalidad de la erosión.

Cuando se habla de erosión, es muy común pensar en extensas zonas desprovistas de vegetación con grandes volúmenes de suelo removido por los agentes erosivos, principalmente el agua y el viento y contrastando con las áreas adyacentes o cercanas, visiblemente más protegidas por la vegetación y libres del fenómeno de la erosión.

Sin embargo, este cuadro no concuerda del todo con la realidad pues esos límites claros entre áreas erosionadas y no erosionadas no existen o no lo son tanto, siendo varias las razones, a saber:

Tabla 6. Valores de P derivados del uso de terrazas (1).

Pendiente del terreno (%)	Planeación para la labranza		Computación de producción de sedimentos (3)	
	Factor de contorno (2)	Factor de cultivo en franjas	Canales de desagüe nivelados con césped	Desagües subterráneos inclinados en sentido opuesto a la pendiente
1- 2	0.60	0.30	0.12	0.05
3- 8	0.50	0.25	0.10	0.05
9-12	0.60	0.30	0.12	0.05
13-16	0.70	0.35	0.14	0.05
17-20	0.80	0.40	0.16	0.06
20-25	0.90	0.45	0.18	0.06

- (1) La longitud de la pendiente es el intervalo horizontal de la terraza. Los valores listados son para la labranza en contorno.
- (2) Usense estos valores para el control de erosión en el área interterrazas dentro de tolerancias específicas de pérdida de suelo.
- (3) Estos valores incluyen eficiencia de captura y se usan para el control de sedimentos fuera del área dentro de ciertos límites, estimando la contribución de campo a la producción de sedimentos a la cuenca.

FUENTE: Wischmeier y Smith (1978).

Tabla 7. Valores de P correspondientes a la práctica de surcado en contorno.

Pendiente del terreno (%)	Valor de P	Longitud máxima (m)
1- 2	0.6	120
3- 5	0.5	90
6- 8	0.5	60
9-12	0.6	36
13-16	0.7	24
17-20	0.8	18
21-25	0.9	15

FUENTE: Wischmeier y Smith (1978).

Tabla 8. Valores de P correspondientes a la implementación de fajas de cultivos paralelas.

Pendiente del terreno (%)	Valores de P (1)			Anchura de la faja (2) (m)	Máxima longitud (m)
	A	B	C		
1- 2	0.30	0.45	0.60	40	245
3- 5	0.25	0.38	0.50	30	180
6- 8	0.25	0.38	0.50	30	120
9-12	0.30	0.45	0.60	24	75
13-16	0.35	0.52	0.70	24	50
17-20	0.40	0.60	0.80	18	36
21-25	0.45	0.68	0.90	15	30

(1) Valores de P:

A- Para una rotación de cuatro años de cultivos en hilera, granos pequeños con sembrado de pradera. Un segundo cultivo en hilera puede substituir el grano pequeño si la pradera es establecida en el lugar.

B- Para una rotación de cuatro años: dos años de cultivo en hilera, uno con granos invernales con sembrado de pradera y un año de pradera.

C- Para franjas alternadas de cultivos en hilera y grano pequeño.

(2) Ajustar el límite del ancho de la franja, generalmente descendente para acomodar anchuras de equipo de labranza.

FUENTE: Wischmeier y Smith (1978).

- Los agentes erosivos que actúan en un área específica no van a ser los mismos y van a actuar en diferente grado.
- La cobertura vegetal protectora no va a ser la misma, o cuando menos no va a ofrecer la misma protección de una época a otra.

Las razones expuestas anteriormente, aunadas a la influencia de los elementos climáticos a lo largo del año van a dar como resultado que la erosión no se presente como un fenómeno estático, sino que presente diversas facetas a lo largo del año, llegando a contrastar de la época seca a la húmeda. Es por eso que cuando se estudia el fenómeno y se cuenta con material fotográfico o se realizan visitas al campo en una época específica, las consideraciones no van a ser fidedignas, mayormente si dicha época no es representativa y/o el año es extremadamente húmedo o seco (S.A.R.H., 1979).

En nuestro estudio en particular, el efecto de la erosión hídrica se va a deber principalmente al arrastre de sedimentos originados por el efecto de las tormentas (escurrimientos) sobre algunas áreas con suelo desprotegido o poco protegido de vegetación; esto generalmente ocurre a principios de la etapa lluviosa (mayo-junio), pero a medida que la vegetación -por escasa que sea- crece y se densifica va ofreciendo mayor resistencia al impacto de la lluvia en una forma exponencial.

La utilización de la USLE, elaborada para obtener volúmenes de suelo perdidos anualmente va a ser aplicada en el presente trabajo con datos con un 50% de probabilidad de ocurrencia en un año (lluvia máxima en 24 horas) con el fin de observar la respuesta del suelo a la acción e intensidad erosiva de la precipitación. Estos valores y gráficas obtenidos serán sujetos a comprobación en campo en una etapa posterior a este trabajo.

3.7 Uso de la región fisiográfica como unidad de estudio.

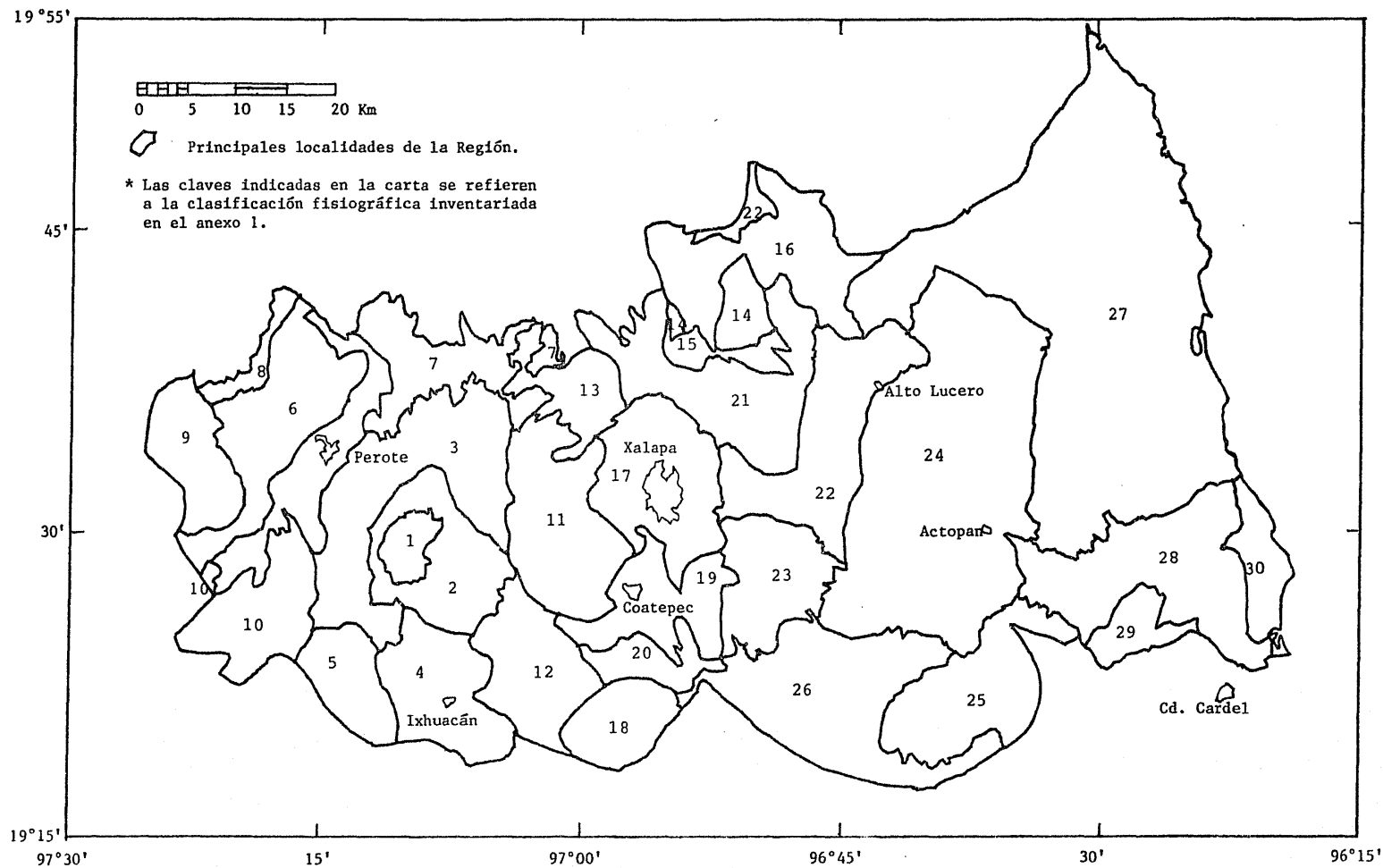
Los procesos erosivos no son zonificables claramente a una escala muy pequeña (menor que 1:50 000) por las razones descritas en el inciso anterior, sin embargo responden a una serie de características físicas (pendiente, tipo de suelo) y culturales (uso del suelo) que sí se pueden mapear de acuerdo a las grandes zonificaciones de áreas con origen geológico común y geomorfología actual.

Esas áreas corresponden a unidades naturales homogéneas, delimitadas generalmente por alguna barrera física como la costa o cadenas montañosas. Esos obstáculos, independientemente de su edad han permitido un desarrollo más o menos homogéneo de dichas regiones desde el punto de vista geológico, edáfico y florístico, ya que generalmente coinciden entre otros factores con áreas de precipitación más o menos uniforme.

En el Programa Planeación Ecológica del Uso de la Tierra del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB) se llevó a cabo un levantamiento fisiográfico basándose en el uso de imágenes de satélite en falso color (LANDSAT 1:250 000), las cuales fueron interpretadas con base en su tonalidad que indicaba ciertas condiciones homogéneas; de esta manera se dividió la Región Xalapa en siete grandes áreas denominadas Sistemas terrestres, cinco atendiendo a aspectos climático-vegetacionales y dos a características ecológicas y orográficas (Sancholuz, Marten y Zolá, 1981).

Los Sistemas terrestres fueron desglosados atendiendo a patrones repetitivos de relieve en 30 Paisajes terrestres (ver figura 5), los cuales tenían una mayor homogeneidad física que los primeros pero que eran aún susceptibles de ser clasificados más

FIGURA 5. Carta de Paisajes Terrestres*-.



finalmente a una escala mayor considerando aspectos topográficos y geomorfológicos.

De esta manera se obtuvieron 113 unidades más finas que comprenden áreas homogéneas en clima, suelo, uso de la tierra, relieve y geoforma denominadas Unidades terrestres, cuya homogeneidad era tal que fue permisible el agrupar varias unidades similares de diferentes paisajes terrestres para dar origen a los tipos de tierra. Esta clasificación, así como un ejemplo de un tipo de tierra se describen en los anexos 1 y 2.

Los tipos de tierra fueron trabajados en el presente estudio de erosión como unidades fisiográficas, de las cuales se obtuvieron volúmenes de erosión potencial y actual. Un problema que se presentó fue que se carece de la representación cartográfica de las unidades terrestres (y consecuentemente de los tipos de tierra), pues fueron identificadas únicamente en el campo y por carecerse de una cartografía lo suficientemente fina no se mapearon. Para la obtención de su superficie total y la de su uso del suelo se cuantificaron porcentualmente (respecto a la superficie total de los paisajes) al verificarse en campo a qué unidad terrestre y qué uso del suelo correspondían puntos equidistantes producto de la sobreposición de una cuadrícula al mapa de paisajes.

Los valores de erosión obtenidos de los tipos de tierra van a tener así, un alto grado de confiabilidad por lo pequeño de la superficie que comprenden y la homogeneidad de las condiciones físicas que los caracterizan.

4. METODOLOGIA

La metodología de caracterización de la Región Xalapa en unidades menores atendiendo a su homogeneidad física se describe en los siguientes incisos. Este proceso está orientado como se expone en los objetivos del trabajo a la creación de escenarios en los que puede sugerirse un determinado uso del suelo por su susceptibilidad a la erosión. Se presenta también la aplicación de la USLE a la clasificación fisiográfica de tipos de tierra descrita en el inciso anterior.

4.1 Obtención de una cartografía con división política administrativa.

La existencia de este tipo de cartas es necesaria, debido a que siempre es conveniente referir las unidades de estudio a áreas cartográficas. En estas últimas pueden obtenerse las características físicas y erosión potencial de ciertas unidades políticas o de análisis, pues debido a lo fino de la escala (que depende del grado de precisión que se planea) no sería suficiente con decir centro del área, noreste de la zona, a barlovento, etc.

La cartografía más confiable para el país es la de la Dirección General de Geografía (dependiente de la S.P.P.). Esta institución tiene cubierta la mayor parte del país a diferentes escalas, de las cuales la de 1:50 000 es bastante conveniente para fines de planeación al comprender juegos temáticos derivados de la

carta topográfica base. Sin embargo, para el período que se realizó este trabajo, aún no se disponía de la cartografía de esta institución para la mayor parte del estado de Veracruz, existiendo únicamente en edición provisional y sin división municipal.

Actualmente, sólo la Secretaría de la Defensa Nacional (S.D.N.) tiene cubierto el país con una cartografía a una escala homogénea -1:100 000-, que es demasiado pequeña y su grado de precisión no es muy alto; sin embargo, fue usada por la D.G.G. en el trazo de los límites administrativos utilizados durante el Censo Nacional de Población y Vivienda de 1980, denominados límites geomunicipales. Esta delimitación se llevó a cabo englobando las localidades correspondientes de cada municipio (según las estadísticas del Censo General de 1970), siguiendo rasgos físicos claros y con una posterior verificación de campo.

Las cartas utilizadas en el presente trabajo y que cubren el área de estudio son las siguientes:

- COATZINTLA 14Q-f(10)
- PAPANTLA-VEGA DE ALATORRE 14Q-f(11-12)
- TEZIUTLAN 14Q-i(1)
- JALAPA 14Q-i(2)
- ACTOPAN 14Q-i(3)
- HUAMANTLA 14Q-i(4)
- COATEPEC 14Q-i(5)
- VERACRUZ 14Q-i(6)

4.2 Obtención de una clasificación fisiográfica.

En el inciso 3.7 se anota la importancia de este tipo de clasificación, indicando además la forma como se desarrolló una clasificación fisiográfica para la Región.

Para este estudio se requirieron divisiones, lo más homogéneas y finas posibles así como cartografiables, características que poseen los paisajes terrestres y en los cuales se consideran aspectos climáticos y vegetacionales, además de patrones generales de relieve.

El Sistema terrestre Altotonga no fue dividido en paisajes por la mínima información que se disponía del mismo, por lo cual fue emitido dentro de su consideración para el estudio.

También para la realización de la cartografía de esta división fisiográfica fueron utilizadas cartas de la S.O.N., por lo cual hay una correlación total entre la división geomunicipal y ésta.

4.3 Determinación de la erosividad del área.

La determinación de la erosividad de la zona requirió primeramente la elaboración de una lista de las estaciones climatológicas del área y de las localizadas en la periferia de la misma, de las cuales se calcularon los datos de lluvia máxima en 24 horas para la determinación de su factor R (ver inciso 3.5.2) independientemente de sus años de observación, para obtener como resultado el valor correspondiente al 50% de probabilidad de

registro por cada estación mostrado en la tabla 9. Las características generales de las estaciones en referencia se enlistan en el anexo 4.

De la lista de estaciones consideradas fueron eliminadas por carecer de datos las siguientes estaciones:

- 21-144 Tetililla.
- 30-236 Ursulo Galván.
- 30-243 Laguna Verde.
- 30-337 Libertad.

Además, se eliminaron otras que poseían menos de diez años de registro (requerimiento mínimo para una consideración válida) cuando había estaciones representativas cercanas a éstas, y aquellas que tenían menos años de observaciones respecto a otra de diferente organismo ubicada en la misma localidad cuando había una diferencia notable en los registros de ambas. Las estaciones discriminadas en estos casos fueron las siguientes:

- 21-028 Colonia Francisco I. Madero.
- 30-336 Ixhuacán.
- 30-213 Martínez de la Torre.
- 21-090 Teziutlán.

Cabe hacer mención del escaso número de estaciones que integran la red meteorológica en el estado de Veracruz, puesto que, aunque en su parte central hay una mayor concentración, ésta es insuficiente para su procesamiento con fines de planeación, tanto por lo poco denso y heterogéneo de la distribución como por lo espaciado de la misma en algunas áreas como la sierra de Chiconquiaco donde se encuentran estaciones como San Joaquín, en las estribaciones septentrionales, que se sitúa a 20 km de la estación más cercana al norte, en un terreno muy accidentado y

Tabla 9. Cálculo del 50% de probabilidad de registro de un volumen de precipitación máxima en 24 horas para cada una de las estaciones climatológicas localizadas en la Región Xalapa y su zona de influencia.

Estaciones climatológicas ubicadas dentro de la Región Xalapa.

CLAVE	NOMBRE	ANOS DES.	50% PROB. DE REGISTRO (mm)	FACTOR R
30-002	ACTOPAN	29	96.5	859.8
30-007	ALMOLONGA	10	94.3	816.9
30-015	BELLA ESPERANZA	16	88.2	707.3
30-021	CARRIZAL	13	94.0	812.2
30-024	CERRO COLORADO	16	61.5	323.5
30-026	COATEPEC	28	78.3	545.5
30-040	CHICOMQUIACO	14	128.0	1587.1
30-057	EL ZETAL	15	76.7	522.4
30-068	IDDLOS	18	97.7	882.2
30-075	JALAPA ENRIQUEZ	58	82.4	610.3
30-076	JALCOMULCO	20	95.5	840.6
30-085	LA TEMBLADERA	16	89.6	731.9
30-087	LAS ANIMAS	27	84.7	647.8
30-097	LDS PESCADOS	16	50.3	208.7
30-112	MOZOMBOA	21	111.0	1165.0
30-114	NAOLINCO DE V.	25	110.0	1142.3
30-126	PASO DEL CEDRO	18	114.0	1234.4
30-126	PEROTE	24	39.8	125.5
30-135	PUNTA LIMON	3	148.0	2174.8
30-140	RANCHO VIEJO	14	84.3	640.4
30-141	RINCONADA	38	87.0	686.6
30-157	SANTA MA. TATETLA	16	94.7	825.4
30-158	SANTA ROSA	23	105.5	1043.3
30-175	TEMBLAOERAS	15	90.0	739.0
30-178	TENEXTEPEC	14	36.6	104.6
30-179	TEOCELO	37	103.5	1000.9
30-186	TOTALCO	15	42.0	141.4
30-195	VILLA E. ZAPATA	16	82.0	603.9
30-198	ZALAYETA	16	40.8	132.4
30-199	ZEMPOALA	26	118.3	1336.4
30-209	IXHUACAN DE LOS R.	16	130.5	1655.1
30-211	LAS VIGAS	58	89.8	734.6
30-222	SANTA ANA	10	149.1	2210.1
30-226	JALAPA ENRIQUEZ	28	82.7	615.1
30-241	MIRADORES	9	98.9	906.9
30-257	U. GALVAN-ETA 155	5	120.0	1379.7
30-266	EL DIAMANTE	6	101.1	951.2
30-267	LA CONCEPCION	8	108.9	1117.7
30-275	COSAUTLAN DE C.	5	115.7	1274.7
30-338	ACATLAN	2	118.5	1342.5
30-339	CERRO GORDO	2	101.0	949.2

Area de influencia septentrional.

CLAVE	NOMBRE	ANOS DES.	50% PROB. REG. 2ANOS (mm)	FACTOR R
30-008	ALTOTONGA	24	96.5	859.8
30-012	ATZALAN	56	127.5	1573.7
30-054	EL RAUDAL	20	132.0	1696.7
30-060	FANAL DE NAUTLA	40	89.0	721.3
30-062	FRANCISCO SARABIA	8	151.9	2299.5

30-072	JUCHIQUE DE FERRER	29	65.0	364.7
30-074	JALACINGO	46	118.1	1331.5
30-089	LAS MINAS	30	132.1	1699.5
30-102	MTZ. DE LA TORRE	33	123.5	1468.5
30-108	MISANTLA	49	101.5	959.4
30-135	FUENTE ENRIQUEZ	14	139.0	1898.0
30-153	SAN RAFAEL	17	140.0	1927.8
30-191	VEGA DE ALATORRE	26	107.5	1086.7
30-231	SAN JOAQUIN	15	117.2	1310.8
30-252	NAUTLA	53	87.0	686.6
30-306	PLAN DE LAS MAYAS	4	165.9	2786.3

Area de influencia meridional.

CLAVE	NOMBRE	ANOS OBS.	50% PROB. REG. 2ANOS (mm)	FACTOR R
30-010	AMATITLA	15	97.7	883.1
30-047	EL CCYOL	17	100.2	932.9
30-050	EL FAISAN	23	120.0	1379.7
30-093	LOMA FINA	30	79.5	564.6
30-137	FUENTE NACIONAL	16	95.6	842.5
30-165	TAMARINDO	18	104.0	1011.4
30-177	TENAPPA	16	106.5	1064.9
30-187	TOTUTLA	21	101.3	955.3
30-192	VILLA JOSE CARDEL	33	121.5	1417.4
30-247	TLACCTEPEC DE M.	3	80.7	583.3

Area de influencia occidental.

CLAVE	NOMBRE	ANOS OBS.	50% PROB. REG. 2ANOS (mm)	FACTOR R
21-011	ATEXCACO	15	156.0	2438.0
21-014	AYOTXCO	15	124.4	1491.8
21-017	CACALOTEPEC	2	60.1	307.7
21-025	CHILCHOTLA	13	78.0	541.8
21-029	COLONIA TEMEXTLA	12	19.2	25.9
21-038	EL PROGRESO	14	42.4	144.0
21-040	GPE. BUENAVISTA	13	34.5	92.3
21-052	ALCHICHICA	14	35.2	96.4
21-054	LA FUNDICION	19	146.0	2111.6
21-055	LA PAGODA	21	142.5	2003.3
21-056	LA TRINIDAD	14	57.1	275.3
21-059	CYAMELES	13	51.0	215.5
21-067	QUINIXTLAN	13	90.0	739.0
21-074	SAN JUAN ACATENO	24	128.0	1587.1
21-077	SAN LUIS ATEXCAC	14	39.1	121.1
21-089	TEPEYAHUALCO	24	39.2	121.7
21-091	TEZIUTLAN	53	108.0	1097.7
21-095	TLACHICHUCA	38	44.0	156.4
21-096	TLATLAUQUITEPEC	26	77.2	529.0
21-105	ZACATEPEC	23	33.5	86.6
21-117	GPE. VICTORIA	13	32.5	81.0
21-119	LIBRES	20	43.8	154.5
21-122	ORIENTAL	20	46.8	178.4
21-129	FCO. I. MADERO	14	35.5	97.9
21-142	SAN JOSE ACATENO	4	100.5	939.0

FUENTES:

- C.F.E. (1981)*.
- Espinoza (1982).
- Grarados (1982).
- S.A.R.H. (1981a)*.
- S.M.N. (1981)*.

(*) Obtenidos a su vez de los bancos climáticos de la Dirección de Hidrometría (Oficina de Cálculo Climatológico) de la S.A.R.H. y el Programa Ordenación Ecológica (Proyecto de Bioclimatología) del INIREB.

heterogéneo; además, algunas estaciones tienen muy pocas observaciones, que como en el caso de Punta Limón (3 años) es necesario utilizar por lo retirado de las estaciones en esa área (Santa Ana se encuentra a 18 km, Idolos y Paso del Cedro a 22, Plan de las Mayas a 26 y El Zetal y Actopan a 36), que además de no localizarse en un área homogénea (planicie costera y sierra de Manuel Díaz), los valores que presentan son muy diversos entre sí, por lo cual fue necesaria su consideración.

El trazo de las isolinneas de erosividad o erodatas (figura 7) no fue realizado siguiendo desde un principio las curvas de nivel, debido a la distancia entre las estaciones que no garantizaba una exacta correlación entre la altimetría y la erosividad, sino mediante la interpolación aritmética de la probabilidad de lluvia máxima en 24 horas (interpolación con características logarítmicas entre isolinneas de erosividad), confrontándose posteriormente con los mapas de altimetría y precipitación total anual (figuras 2 y 6 respectivamente). Esa relación logarítmica provocó la asignación de valores cada vez más espaciados a las isolinneas de erosividad: 100, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 2500 (MJ.mm)/(ha.h.año).

4.4 Determinación de la erodabilidad de los suelos del área.

Usando los datos obtenidos de los muestreos edáficos en la Región Xalapa (Pertilla, 1980) sintetizados en la figura 8, donde se determinaron las características medias de cada tipo de suelo de una manera muy general pero representativa y considerando la clasificación fisiográfica por paisajes, se determinó la erodabilidad media (factor K) de dichos grupos de suelos.

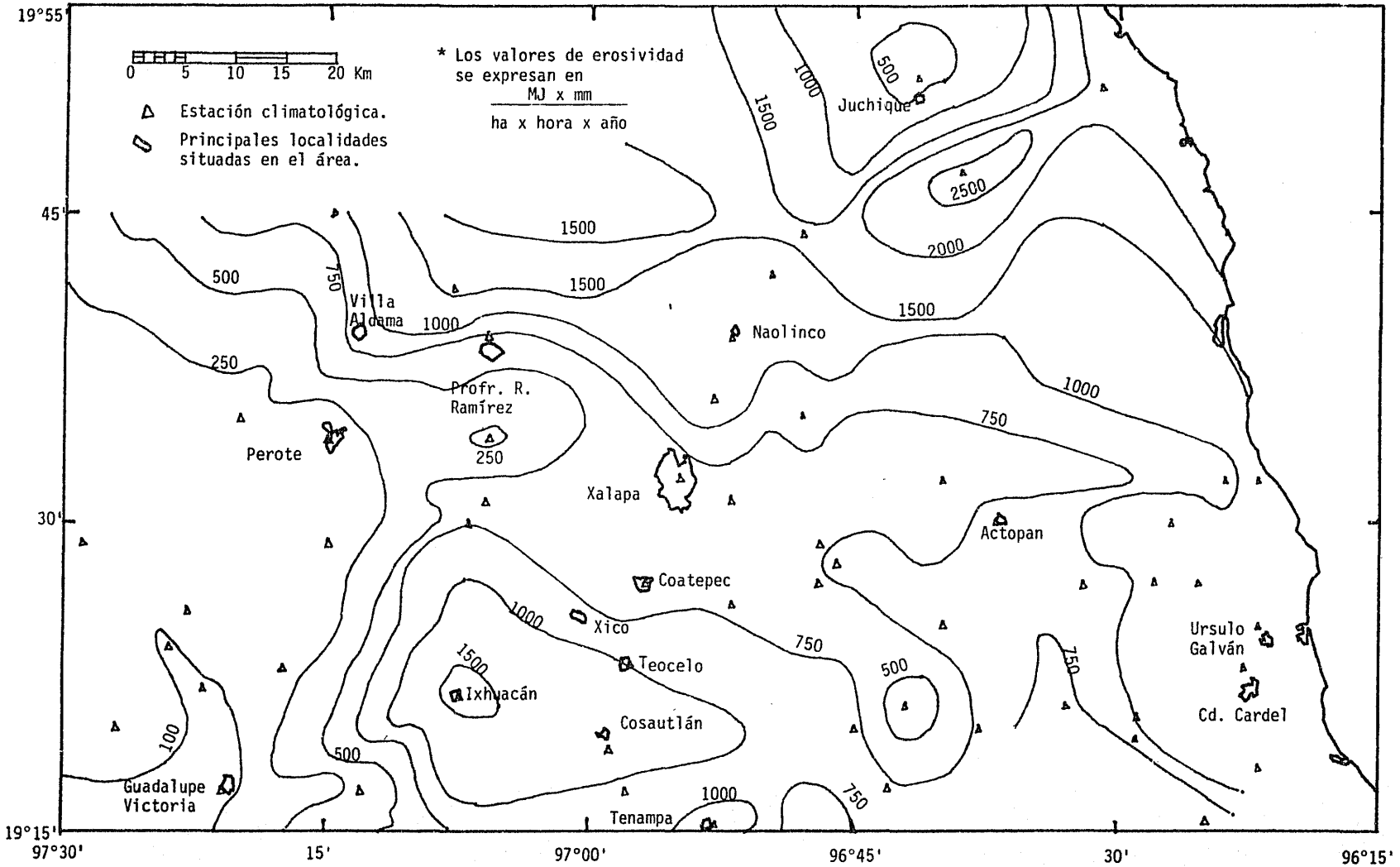


FIGURA 7. Carta de erosividad*.

Para la introducción de los valores medios de materia orgánica al programa USLE.FOR se tomaron directamente los datos, pero como no se contaban con los valores de la arena más fina (0.05 a 0.1 mm) separados de los de la más gruesa (0.1 a 2 mm) se consideró la arena como una sola fracción, quedando reducida la fracción limo al rango granulométrico de 0.002 a 0.05 mm. Los datos de permeabilidad y estructura, necesarios para obtener un valor más fino de K no se contaban entre los parámetros edáficos del banco de datos de suelos de Portilla, por lo que se omitió su consideración.

4.5 Determinación de las unidades de análisis.

La obtención de este tipo de unidades se logró al sobreponer las cartas de paisajes terrestres, de división geomunicipal y grandes tipos de suelos.

Una vez obtenida esta división se procedió al inventario de estas pequeñas áreas. Dicho inventario se aprecia en la Tabla 10, mientras que su representación gráfica se muestra en la figura 9.

4.6 Cálculo de los rangos de erosión potencial por unidad mínima.

A cada una de estas áreas se les calculó los valores correspondientes a erosividad y erodabilidad, utilizando para tal efecto la carta de erosividad en el primer caso (interpolando los valores de lluvia máxima de isofleas adyacentes y auxiliándose de

FIGURA 9. Carta de unidades homogéneas de análisis*.

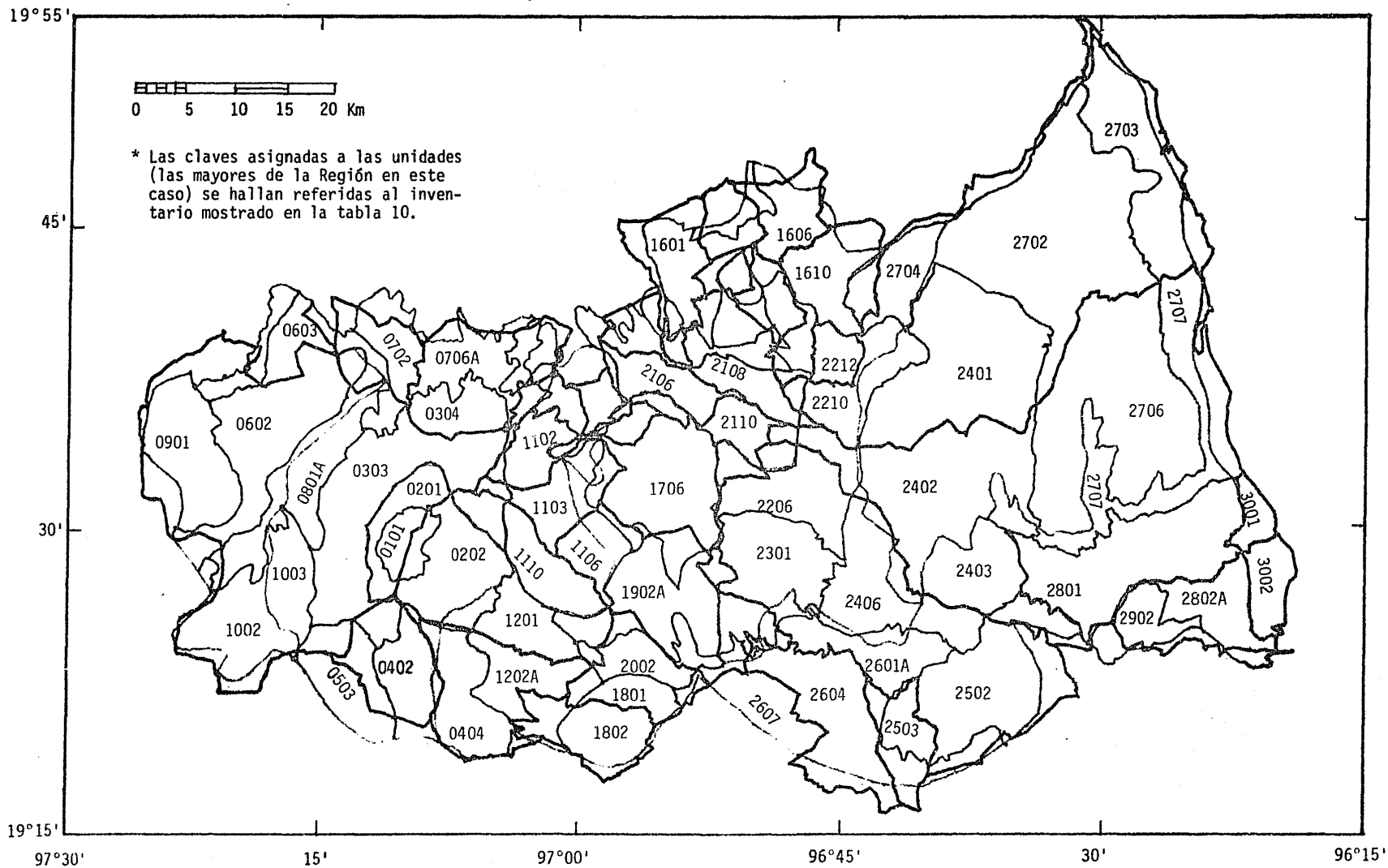


Tabla 10. Inventario de las unidades de análisis en el estudio de erosión.

PAISAJE TERRESTRE	AREA GEO MUNICIPAL	CLAVES	SUPERFICIE (km ²)
COFRE DE PEROTE - -	Perote	01	28.0
		0101	16.2
		0102	11.7
PARTE BAJA- COFRE DE PEROTE - - -	Perote Xico Ixhuacán Ayahualulco	02	115.0
		0201	33.8
		0202	70.0
		0203	9.4
		0204	0.4
		0205	0.9
		0206	0.4
TEMLADERAS- TENEXTEPEC - - -	Xico Ayahualulco Perote Profr. R. Ramirez Acajete Tlalnahuayocan	03	216.6
		0301A	16.7
		0301B	0.2
		0302	12.8
		0303	141.5
		0304	38.1
		0305A	2.9
		0305B	0.3
0306	4.1		
IXHUACAN DE LOS REYES - - - -	Xico Ayahualulco Ixhuacán Chilchotla Cosautlán Quizixtlán	04	116.2
		0401	1.6
		0402	41.5
		0403	1.8
		0404	59.5
		0405A	4.4
		0405B	0.7
		0406	4.0
		0407	0.2
		0408	1.5
		0409	0.8
CERRO TLANALAPA- CERRO BCLA - - -	Perote Ayahualulco Lafragua Chilchotla	05	67.0
		0501	11.9
		0502	19.3
		0503	28.5
		0504	0.3
0505	6.9		
VALLE DE PEROTE - -	Tepeyahualco Perote Jalacingo Altotonga Villa Aldama	06	156.5
		0601	7.2
		0602	113.3
		0603	21.2
		0604	7.2
		0605	6.7
		0606	0.8
LAS VIGAS - - - - -	Perote Villa Aldama Altotonga Las Minas Tatstila Profr. R. Ramirez	07	116.9
		0701	10.7
		0702	27.8
		0703	7.6
		0704	2.5
		0705A	0.5
		0705B	0.8
		0705C	0.7
		0705D	2.2
		0706A	47.3
		0706B	8.2

			0706C	0.1
	Acajete		0707	7.5
	Tlacolulan		0708	0.6
ABANICOS ALUVIALES- PERCETE	Perote	08		126.9
			0801A	45.6
			0801B	2.1
			0802A	36.4
			0802B	8.8
			0802C	0.8
	Jalacingo		0803	13.3
	Tepeyahualco		0804	2.6
	Villa Aldama		0805	8.9
			0806	4.2
	Altotonga		0807	4.1
MALPAIS PEROTE - - -	Perote	09		85.3
			0901	85.3
LA GLORIA - - - - -	Tepeyahualco	10		112.8
			1001A	3.0
			1001B	0.8
			1001C	0.3
	Perote		1002	66.6
			1003	41.9
	Lafragua		1004	0.4
CERRO SAN JUAN - - -	Perote	11		163.7
	Acajete		1101	1.3
	Tlalnahuayocan		1102	33.8
			1103	31.5
			1104A	5.3
			1104B	2.0
			1105	6.5
	Coatepec		1106	22.8
			1107	11.6
	Xalapa		1108	0.3
			1109	0.1
	Xico		1110	47.5
XICC - - - - -	Xico	12		116.5
	Ixhuacán		1201	43.3
			1202A	47.2
			1202B	0.3
			1202C	0.5
	Teocelo		1203	6.7
	Cosautlán		1204	17.1
	Quiwixtlán		1205	1.3
ACAJETE - - - - -	Tatatila	13		66.3
	Profr. R. Ramirez		1301	1.2
	Acajete		1302	14.1
			1303A	13.8
			1303B	2.4
			1304A	0.3
			1304B	0.3
			1304C	1.5
	Tlacolulan		1305	12.9
	Jilotepec		1306	2.2
	Rafael Lucio		1307	15.5
	Xalapa		1308	0.4
	Banderilla		1309	0.6
	Tlalnahuayocan		1310	1.3
NAOLINCE I - - - - -	Tonayán	14		38.0
	Miahuatlán		1401	3.6
			1402	8.7

	Acatlán	1403	4.6
		1404	4.3
	Naolinco	1405	16.2
		1406	0.6
NAOLINCO II - - - -		15	28.2
	Tonayán	1501A	0.6
		1501B	0.5
	Coacoatzintla	1502	5.2
	Naolinco	1503	17.5
	Acatlán	1504	1.2
	Tepetlán	1505A	0.7
		1505B	2.5
LANDERO Y COSS - - -		16	162.6
	Tonayán	1601	37.8
	Naolinco	1602	7.9
	Miahuatlán	1603	8.8
	Landero y Coss	1604	12.1
	Miahuatlán	1605	5.7
	Chiconquiaco	1606	34.4
	Misantla	1607	2.3
	Yecuatla	1608	2.1
	Juchique de Ferrer	1609	3.6
	Tepetlán	1610	48.0
XALAPA - - - - -		17	152.8
	Emiliano Zapata	1701A	0.2
		1701B	0.1
		1701C	0.9
	Rafael Lucio	1702	1.8
	Jilotepec	1703	8.2
	Banderilla	1704	11.6
		1705	0.7
	Xalapa	1706	102.2
		1707	0.2
	Tlalnelhuayocan	1708	7.2
		1709	1.6
	Coatepec	1710A	5.1
		1710B	13.2
TEOCELO-COSAUTLAN -		18	68.5
	Teocelo	1801	24.7
	Cosautlán	1802	42.6
	Axocapan	1803	1.2
COATEPEC I - - - - -		19	99.6
	Xico	1901	12.7
	Coatepec	1902A	72.3
		1902B	0.2
	Teocelo	1903	6.3
	Xalapa	1904A	1.0
		1904B	0.2
	Emiliano Zapata	1905	7.0
COATEPEC II - - - - -		20	43.6
	Xico	2001	3.3
	Teocelo	2002	28.9
	Coatepec	2003	11.4
MALPAIS - - - - -		21	177.8
	Tlacolulan	2101	6.9
		2102	0.9
	Coacoatzintla	2103	15.1
		2104	4.8
	Tonayán	2105	2.7
	Jilotepec	2106	38.5

	Rafael Lucio	2107	0.2
	Naolinco	2108	31.6
		2109	0.1
	Xalapa	2110	26.0
	Emiliano Zapata	2111	8.3
	Actopan	2112	5.0
	Alto Lucero	2113	5.3
	Tepetlán	2114A	0.7
		2114B	15.0
		2115	3.0
	Acatlán	2116	13.8
BARRANCAS GRANDES- -		22	191.9
CERRO CERRO	Misantla	2201	1.3
	Chiconquiaco	2202	4.7
	Landero y Coss	2203	6.7
	Tonayán	2204	0.8
	Xalapa	2205A	11.0
		2205B	0.2
	Emiliano Zapata	2206	64.5
	Actopan	2207	18.0
		2208	1.3
	Naolinco	2209	1.4
	Alto Lucero	2210	38.1
		2211	21.8
	Tepetlán	2212	22.1
TEPETATES - - - - -		23	110.8
	Emiliano Zapata	2301	80.2
		2302A	5.1
		2302B	0.1
	Xalapa	2303	0.4
	Coatepec	2304	18.6
		2305	4.3
	Jalcomulco	2306	1.6
		2307	0.5
BARRANCAS GRANDES -		24	519.8
ALTO LUCERO CASTILLO	Alto Lucero	2401	198.2
	Actopan	2402	159.5
		2403	63.1
		2404	13.8
		2405A	0.5
		2405B	1.6
	Emiliano Zapata	2406	68.0
		2407A	3.7
		2407B	8.7
		2408	2.6
CARRIZAL - - - - -		25	147.8
	Actopan	2501	18.5
	Emiliano Zapata	2502	103.5
	Apazapan	2503	24.9
	Puente Nacional	2504	0.8
	Jalcomulco	2505	0.1
CHAVARRILLO - - - - -		26	235.8
	Emiliano Zapata	2601A	53.4
		2601B	10.7
		2602A	5.4
		2602B	0.1
	Apazapan	2603A	5.9
		2603B	12.7
	Jalcomulco	2604	89.7
		2605	0.8
	Puente Nacional	2606A	2.8
		2606B	2.0

	Axocuapan	2607	41.0
	Coatepec	2608	5.0
		2609	3.3
	Teocelo	2610	3.1
MANUEL DIAZ - - - -		27	806.3
	Vega de Alatorre	2701	0.6
	Alto Lucero	2702	263.5
		2703	97.0
		2704	40.7
		2705	26.6
	Actopan	2706	243.6
		2707	93.9
		2708	28.3
	Tepetlán	2709	12.0
ALUVIONES MODERNOS -		28	208.2
	Actopan	2801	151.4
	Ursulo Galván	2802A	50.7
		2802B	0.4
	La Antigua	2803	5.4
	Puente Nacional	2804	0.4
ALUVIONES ANTIGUOS -		29	40.2
	Actopan	2901A	0.2
		2901B	0.1
		2901C	0.2
	Ursulo Galván	2902	29.9
	Puente Nacional	2903	9.9
CHACHALACAS - - - -		30	51.9
	Actopan	3001	17.3
	Ursulo Galván	3002	32.6
	La Antigua	3003	1.9
REGION XALAPA			4570.8

FUENTES:

- Granados (1982).
- Portilla (1980).
- Sancholuz, Marten y Zola (1981).



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

los valores de las estaciones climatológicas más cercanas) y los valores de erodabilidad correspondientes al tipo de suelo característico de la unidad mínima obtenible de la carta de grandes tipos de suelo (Portilla, 1980; Buol, Hole y McCracken, 1981). La obtención de estos valores se aprecia en la tabla 11.

Una vez conocidos los valores de los factores R (erosividad) y K (erodabilidad) se procedió a la elaboración de sondas gráficas correspondientes a cada unidad mínima (se muestran unos ejemplos en las figuras 10, 11 y 12) donde se obtienen los valores de E (erosión total anual en tm/ha/año) por unidad conociendo los rangos del factor topográfico (LS) y haciendo variar el grado de cobertura vegetal (Factor C).

4.7 Cálculo de erosión potencial por tipo de tierra.

En el inciso 3.7 se detalla la clasificación fisiográfica de la Región Xalapa y se hace referencia a los tipos de tierra como las divisiones fisiográficas que reúnen a las unidades terrestres por similitudes físicas (características afines).

Aún cuando los tipos de tierra no tienen correlato cartográfico, resultan ser divisiones muy convenientes para el cálculo de volúmenes de erosión hídrica potencial y actual por su grado de homogeneidad física, que permite manejar índices representativos para cada una de las áreas.

Para este tipo de cálculos de erosión, se procesan los datos existentes en los bancos de datos de la zona mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo ya descrita ampliamente en el inciso 3.5.

Tabla 11. Características físicas por unidad de análisis y valor de los factores R, K y LS de acuerdo a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo.

CLAVE	TIPO DE SUELO DOMINANTE	FACTOR K (%)	LLUVIA MAX. EN 24 HS. PRECIPIT. (mm)	FACTOR R (%)	PEND. ABRUPTA (%)	FACTOR LS MAXIMO	PEND. SUAVE (%)	FACTOR LS MINIMO	PEND. MEDIA (%)	FACTOR LS MEDIA
0101	Ranker-Regosol	0.17	72.6	463.7	27.0	12.13	19.3	6.97	23.2	9.41
0102	Ranker-Regosol	0.17	96.4	676.4	67.8	49.15	26.5	3.95	45.0	27.57
0201	Ranker-Regosol	0.17	69.3	419.1	35.8	16.63	12.9	6.09	24.3	10.20
0202	Ranker-Regosol	0.17	96.1	851.5	15.0	16.15	21.3	3.22	26.8	11.93
0202	Latosol pardo amarillo	0.08	103.7	113.2	18.0	4.64	9.0	6.13	12.0	3.27
0204	Ranker-Regosol	0.17	106.7	108.5	18.0	6.23	18.0	6.23	18.0	6.23
0205	Latosol pardo amarillo	0.08	110.5	119.5	13.9	4.09	13.9	4.09	13.9	4.09
0206	Ranker-Regosol	0.17	86.0	669.3	15.0	4.64	15.0	4.54	15.0	4.64
0301A	Regosol (a)	0.15	89.7	733.3	15.8	5.02	7.7	1.69	11.7	3.15
0301B	Regosol (b)	0.15	93.0	793.2	9.0	2.13	9.0	2.13	9.0	2.13
0302	Regosol	0.15	84.3	641.1	6.4	1.33	6.4	1.33	6.4	1.33
0303	Regosol	0.15	56.7	271.0	10.8	2.79	3.7	0.59	7.2	1.54
0304	Regosol	0.15	68.7	410.6	10.0	2.48	7.5	1.64	8.8	2.64
0305A	Regosol (a)	0.15	69.1	403.2	18.0	6.23	3.5	0.47	10.7	2.76
0305B	Regosol (b)	0.15	59.8	304.8	12.9	3.64	12.9	3.64	12.9	3.64
0306	Regosol	0.15	78.1	542.7	7.3	1.58	7.3	1.58	7.3	1.58
0401	Regosol	0.15	101.0	948.3	16.2	5.23	16.2	5.23	16.2	5.23
0402	Regosol	0.15	107.5	1086.3	18.3	6.40	16.3	2.41	17.4	5.90
0402	Latosol pardo amarillo	0.08	126.5	154.5	11.3	2.96	11.3	2.96	11.3	2.96
0404	Latosol pardo amarillo	0.08	122.4	1439.0	17.4	5.91	12.6	3.55	15.0	4.65
0405A	Regosol (a)	0.15	109.4	1127.9	13.4	3.85	13.4	3.85	13.4	3.85
0405B	Regosol (b)	0.15	118.1	1132.0	54.1	36.19	54.1	36.19	54.1	36.19
0406	Regosol	0.15	104.2	1014.5	22.5	8.98	22.5	8.98	22.5	8.98
0407	Latosol pardo amarillo	0.08	122.6	144.5	5.3	1.04	8.2	1.66	8.2	1.66
0408	Regosol	0.15	113.1	1213.8	67.6	49.15	30.6	14.43	49.8	31.13
0409	Latosol pardo amarillo	0.08	114.2	1239.8	8.2	1.88	8.2	1.88	8.2	1.88
0501	Regosol	0.15	56.1	265.4	22.5	8.98	21.3	4.22	21.9	8.60
0502	Regosol	0.15	77.2	725.0	53.0	35.17	30.0	14.43	41.5	24.29
0503	Regosol	0.15	77.2	529.5	26.2	11.49	15.9	5.09	21.0	8.02
0504	Aluvial-litosol	0.15	47.4	183.8	2.8	0.39	3.8	0.39	2.8	0.39
0505	Regosol	0.15	101.2	954.1	45.0	27.57	45.0	27.57	45.0	27.57
0601	Aluvial-litosol	0.15	48.5	130.4	7.5	1.64	6.4	0.11	3.9	0.63
0602	Aluvial-litosol	0.15	45.2	174.0	0.1	0.09	0.1	0.09	0.1	0.09
0603	Aluvial-litosol	0.15	68.3	406.4	2.3	0.32	1.1	0.19	1.7	0.25
0604	Aluvial-litosol	0.15	73.4	547.2	2.4	0.33	1.1	0.19	1.7	0.26
0605	Aluvial-litosol	0.15	87.3	690.9	0.1	0.09	0.1	0.09	0.1	0.09
0606	Regosol	0.15	95.8	845.3	0.1	0.09	0.1	0.09	0.1	0.09
0701	Regosol	0.15	67.5	395.4	0.32	0.32	2.3	0.32	2.3	0.32
0702	Regosol	0.15	97.0	870.2	4.5	0.86	0.1	0.09	2.3	0.32
0703	Regosol	0.15	109.2	1124.8	0.1	0.09	0.1	0.09	0.1	0.09
0704	Regosol	0.15	115.0	1257.0	10.0	2.48	0.1	0.09	5.1	0.99
0705A	Regosol (a)	0.15	114.9	1256.3	9.0	2.13	2.13	0.09	9.0	2.13
0705B	Regosol (b)	0.15	105.1	1056.7	0.1	0.09	0.1	0.09	0.1	0.09
0705C	Regosol (c)	0.15	110.5	1154.5	30.0	14.43	12.9	3.64	21.0	3.29
0705D	Regosol (d)	0.15	103.5	1000.0	0.9	0.15	0.9	0.15	0.9	0.15
0706A	Regosol (a)	0.15	85.6	678.9	8.8	2.07	2.1	0.29	5.4	1.08
0706B	Regosol (b)	0.15	92.0	774.4	15.0	4.64	8.5	1.94	11.7	3.14
0706C	Regosol (c)	0.15	71.6	450.0	3.2	0.44	3.2	0.44	3.2	0.44
0707	Regosol	0.15	68.3	406.4	11.3	2.96	7.2	1.55	9.2	2.13
0708	Regosol	0.15	91.3	761.5	9.8	2.13	9.0	2.13	9.0	2.13
0801A	Regosol (a)	0.15	39.8	125.7	0.8	0.14	0.8	0.14	0.8	0.14
0801B	Regosol (b)	0.15	40.1	128.2	3.2	0.44	3.2	0.44	3.2	0.44
0802A	Aluvial-litosol (a)	0.15	40.1	128.2	0.1	0.09	0.0	0.00	0.1	0.09
0802B	Aluvial-litosol (b)	0.15	53.3	237.1	15.0	4.64	4.6	1.12	10.3	2.60
0802C	Aluvial-litosol (c)	0.15	60.0	312.6	1.8	0.26	1.8	0.26	1.8	0.26
0803	Aluvial-litosol	0.15	65.5	370.6	1.8	0.26	1.1	0.20	1.8	0.23
0804	Aluvial-litosol	0.15	46.5	130.5	1.8	0.26	0.0	0.00	0.9	0.15
0805	Regosol	0.15	84.5	822.0	0.1	0.09	0.1	0.09	0.1	0.09
0806	Aluvial-litosol	0.15	82.1	605.8	0.1	0.09	0.1	0.09	0.1	0.09
0807	Regosol	0.15	82.6	613.8	2.3	0.32	1.1	0.20	1.7	0.25

3901	Aluvial-litosol	0.15	41.3	136.1	5.6	1.12	0.1	0.09				0.39
1001A	Aluvial-litosol (a)	0.15	40.5	130.6	10.0	2.48	2.48	2.48	10.0			2.48
001c	(b)	0.15	40.6	131.5	1.3	0.21	0.0	0.00				0.13
001C	(c)	0.15	36.9	106.8	1.7	0.26	0.0	0.00				0.15
002	Aluvial-litosol	0.15	39.5	124.0	2.3	0.32	0.0	0.00				0.20
002	Regosol	0.15	37.5	110.3	7.2	1.55	3.6	0.57				1.07
004	Aluvial-litosol	0.15	42.4	144.0	5.6	1.12	5.6	1.12				1.12
1131	Lat. rojo-lat. pardo amarillo	0.11	59.3	298.4	22.5	8.98	11.3	2.96				3.65
1131	Lat. rojo-lat. pardo amarillo	0.11	70.2	431.2	13.9	4.09	8.6	1.98				2.49
1131	Lat. rojo-lat. pardo amarillo	0.11	75.9	510.9	11.6	3.11	8.5	1.94				2.43
1104A	Latosol pardo amarillo (a)	0.08	79.0	557.6	11.6	3.08	8.2	1.86				2.13
1104B	(b)	0.08	77.4	533.2	9.0	2.13	3.27	1.33				1.87
1105	Andosol-litosol	0.10	76.9	524.9	22.5	8.98	12.0	3.27				5.81
1105	Lat. rojo-lat. pardo amarillo	0.11	77.3	531.0	10.0	2.48	6.4	1.33				1.87
1107	Latosol pardo amarillo	0.08	80.0	572.8	8.2	1.86	8.2	1.86				1.86
1108	Andosol-litosol	0.10	79.1	578.2	5.0	0.97	3.8	0.60				0.71
1109	Latosol pardo amarillo	0.09	89.0	721.0	18.0	6.23	18.0	6.23				6.23
1110	Lat. rojo-lat. pardo amarillo	0.11	89.0	721.0	8.7	2.02	8.7	2.02				2.02
1110	Lat. rojo-lat. pardo amarillo	0.11	102.6	922.0	4.3	0.70	4.3	0.70				0.70
1201	Latosol pardo amarillo	0.08	115.7	1275.6	3.0	0.40	3.0	0.40				0.40
1202A	Latosol pardo amarillo (a)	0.08	121.9	1426.3	2.4	0.33	2.4	0.33				0.33
1202B	(b)	0.08	120.2	1382.7	2.1	0.30	2.1	0.30				0.30
1202C	(c)	0.08	110.6	1155.9	3.6	0.57	3.6	0.57				0.57
1203	Latosol pardo amarillo	0.08	119.7	1372.0	1.8	0.26	1.8	0.26				0.26
1204	Latosol pardo amarillo	0.09	118.7	1348.2	30.0	14.43	5.6	1.12				6.12
1205	Regosol	0.15	105.5	1042.9	11.8	3.16	11.8	3.16				3.16
1301	Regosol	0.15	83.7	631.2	10.2	2.57	7.4	1.64				2.06
1302	Regosol	0.15	77.1	528.3	6.4	1.33	6.4	1.33				1.33
1303A	Andosol-litosol (a)	0.10	75.2	501.0	18.0	6.23	6.0	1.22				1.22
1303B	(b)	0.10	72.9	468.2	8.6	1.98	8.6	1.98				1.98
1304A	Regosol (a)	0.15	72.9	468.2	6.0	1.22	6.0	1.22				1.22
1304B	(b)	0.15	75.2	500.0	6.0	1.22	6.0	1.22				1.22
1304C	(c)	0.15	78.5	549.0	6.0	1.22	6.0	1.22				1.22
1305	Andosol-litosol	0.10	94.1	814.2	12.9	3.64	10.8	2.79				3.20
1306	Andosol-litosol	0.10	101.7	943.7	16.4	5.34	10.6	2.70				3.92
1307	Andosol-litosol	0.10	86.8	683.9	8.6	1.98	7.8	1.74				1.86
1308	Andosol-litosol	0.10	78.5	549.6	9.0	2.13	9.0	2.13				2.13
1309	Andosol-litosol	0.10	81.9	601.6	10.0	2.48	10.0	2.48				2.48
1310	Andosol-litosol	0.10	76.1	513.2	12.0	3.27	7.2	1.55				2.34
1401	Latosol pardo amarillo	0.08	118.9	1353.1	4.1	0.66	4.1	0.66				0.66
1402	Andosol pardo amarillo	0.06	120.5	1393.7	6.7	1.40	2.9	0.40				0.92
1403	Latosol pardo amarillo	0.08	117.3	1312.7	16.4	5.34	10.0	2.48				3.79
1404	Andosol pardo amarillo	0.06	117.2	1309.6	2.9	0.40	2.9	0.40				0.40
1405	Latosol pardo amarillo	0.08	112.6	1201.7	11.6	3.11	3.5	0.92				2.69
1406	Andosol pardo amarillo	0.06	117.7	1323.7	11.3	2.96	11.3	2.96				2.96
1501A	Latosol pardo amarillo (a)	0.08	118.0	1329.5	12.9	3.64	12.9	3.64				3.64
1501B	(b)	0.08	116.9	1304.2	18.0	8.98	22.5	8.98				8.98
1502	Latosol pardo amarillo	0.08	115.5	1270.1	6.9	1.23	6.9	1.47				3.47
1503	Latosol pardo amarillo	0.08	119.8	1137.6	9.2	2.21	8.0	1.78				1.99
1504	Latosol pardo amarillo	0.08	110.1	1145.2	7.5	1.64	7.5	1.64				1.64
1505A	Latosol pardo amarillo (a)	0.08	110.4	1150.4	7.5	1.64	7.5	1.64				1.64
1505B	(b)	0.08	105.5	1044.0	15.0	4.64	9.5	2.29				3.37
1601	Latosol pardo amarillo	0.08	122.9	1454.1	10.8	0.84	4.2	0.68				1.65
1602	Latosol pardo amarillo	0.08	114.4	1242.8	9.0	2.13	4.1	0.66				1.37
1603	Latosol pardo amarillo	0.08	121.6	1420.4	7.5	1.64	6.3	1.29				1.46
1604	Latosol pardo amarillo	0.08	125.6	1523.8	45.0	27.57	31.8	15.84				21.50
1605	Latosol pardo amarillo	0.08	123.0	1454.9	4.9	0.94	4.9	0.94				0.94
1606	Latosol pardo amarillo	0.08	121.9	1427.0	22.5	8.98	17.2	5.76				7.29
1607	Latosol pardo amarillo	0.08	121.0	1404.3	8.2	1.86	5.0	0.97				1.38
1608	Latosol pardo amarillo	0.08	116.4	1230.5	25.7	11.86	5.3	1.04				4.90
1609	Latosol pardo amarillo	0.08	123.1	1457.7	24.6	10.37	21.8	8.54				9.43
1610	Latosol pardo amarillo	0.08	123.7	1457.7	12.6	3.08	10.4	2.65				3.07
1701A	Latosol pardo amarillo (a)	0.08	85.1	652.3	7.5	1.64	7.5	1.64				1.64
1701B	(b)	0.08	85.0	652.0	8.2	1.86	8.2	1.86				1.86
1701C	(c)	0.08	85.8	665.6	5.3	1.04	0.0	0.00				0.36
1702	Latosol pardo amarillo	0.08	90.6	749.9	18.0	6.23	8.2	1.86				3.75
1703	Latosol pardo amarillo	0.08	104.6	1023.0	18.0	6.23	15.5	4.90				16.8
1704	Latosol pardo amarillo	0.08	88.6	713.4	12.9	3.64	7.8	1.74				2.61
1705	Andosol-litosol	0.10	82.7	614.8	7.8	1.74	7.8	1.74				1.74

1706	Latosol pardo amarillo	0.08	82.9	618.2	5.5	1.08	3.8	0.60	4.6	0.98
1707	Andosol-litosol	0.10	80.4	578.3	11.3	2.96	11.3	2.96	11.3	2.96
1708	Latosol pardo amarillo	0.08	79.0	557.6	7.3	1.58	7.3	1.58	7.3	1.57
1709	Andosol-litosol	0.10	78.5	548.7	9.0	2.13	9.0	2.13	8.3	1.88
1710A	Latosol pardo amarillo (a)	0.08	80.5	580.0	6.4	1.33	7.3	1.64	5.1	0.99
1710B	Latosol pardo amarillo (b)	0.08	81.1	589.3	11.3	2.96	7.3	1.64	9.4	2.26
1801	Latosol pardo amarillo	0.08	105.1	1035.0	5.0	0.97	4.8	0.93	4.9	0.95
1802	Latosol pardo amarillo	0.08	109.8	1136.7	4.5	0.86	2.4	0.34	3.5	0.47
1803	Latosol pardo amarillo	0.08	109.8	1137.6	3.0	0.41	2.8	0.34	2.7	0.37
1901	Latosol pardo amarillo	0.08	94.9	828.9	4.7	0.91	2.8	0.39	3.8	0.60
1902A	Latosol pardo amarillo (a)	0.08	85.0	652.3	4.1	0.66	3.6	0.57	3.3	0.61
1902B	Latosol pardo amarillo (b)	0.08	80.6	581.6	4.3	0.66	4.1	0.66	4.1	0.66
1903	Latosol pardo amarillo	0.08	91.0	756.4	4.3	0.70	1.6	0.24	3.0	0.40
1904A	Latosol pardo amarillo (a)	0.08	80.7	583.0	6.9	1.47	6.9	1.47	6.9	1.47
1904B	Latosol pardo amarillo (b)	0.08	86.3	674.5	9.5	2.29	9.5	2.29	9.5	2.29
1905	Latosol pardo amarillo	0.08	86.9	684.1	9.2	1.86	4.1	0.66	6.1	1.26
2001	Latosol pardo amarillo	0.08	103.0	990.8	4.3	0.70	2.6	0.35	3.4	0.47
2002	Latosol pardo amarillo	0.08	99.5	918.6	4.9	0.95	3.8	0.61	4.4	0.71
2003	Latosol pardo amarillo	0.08	95.2	836.6	3.9	0.62	3.9	0.62	3.9	0.62
2101	Aluvial 2-litosol	0.15	112.7	1204.0	5.6	1.12	4.0	0.64	4.8	0.93
2102	Latosol pardo amarillo	0.08	122.5	1443.1	10.0	2.48	10.0	2.48	10.0	2.48
2103	Aluvial 2-litosol	0.15	118.0	1143.8	6.4	1.31	6.3	1.29	6.3	1.30
2104	Latosol pardo amarillo	0.08	120.0	1380.2	2.7	0.36	1.7	0.26	2.3	0.31
2105	Latosol pardo amarillo	0.08	120.0	1380.2	45.0	27.57	12.0	3.27	26.5	13.26
2106	Aluvial 2-litosol	0.15	110.2	1146.8	7.8	1.72	3.5	0.48	5.6	1.12
2107	Aluvial 2-litosol	0.15	94.1	814.2	22.5	8.98	22.5	8.98	22.5	8.93
2108	Aluvial 2-litosol	0.15	103.1	992.3	8.2	1.86	5.8	1.17	7.0	1.49
2109	Latosol pardo amarillo	0.08	110.4	1150.9	12.9	3.64	12.9	3.64	12.9	3.64
2110	Aluvial 2-litosol	0.15	97.0	870.2	7.2	1.55	2.6	0.35	4.9	0.94
2111	Aluvial 2-litosol	0.15	90.5	747.1	20.8	7.87	9.7	2.35	15.2	4.75
2112	Aluvial 2-litosol	0.15	92.6	785.6	6.4	1.33	1.7	0.25	4.1	0.66
2113	Aluvial 2-litosol	0.15	101.0	949.6	4.1	0.66	3.8	0.60	3.9	0.63
2114A	Latosol pardo amarillo (a)	0.08	123.4	1467.0	22.5	8.98	22.5	8.98	22.5	8.93
2114B	Latosol pardo amarillo (b)	0.08	112.2	1192.7	15.5	4.90	6.9	1.47	11.2	2.95
2115	Aluvial 2-litosol	0.15	103.8	1006.8	4.6	0.88	4.1	0.66	4.4	0.71
2116	Latosol pardo amarillo	0.08	120.7	1396.7	14.7	4.47	12.1	3.32	13.4	3.88
2201	Latosol pardo amarillo	0.08	124.7	1499.9	7.8	1.74	7.8	1.74	7.8	1.74
2202	Latosol pardo amarillo	0.08	123.7	1472.4	36.0	19.41	23.7	9.77	29.9	14.30
2203	Latosol pardo amarillo	0.08	125.9	1531.7	56.3	38.37	23.7	9.77	40.0	22.92
2204	Latosol pardo amarillo	0.08	124.9	1504.1	27.7	12.65	15.0	4.64	21.4	8.24
2205A	Duripdn (a)	0.17	90.0	739.7	3.9	0.63	3.0	0.40	3.4	0.47
2205B	Duripdn (b)	0.17	84.8	649.2	11.3	2.96	11.3	2.96	11.3	2.96
2206	Duripdn	0.17	87.6	696.1	7.5	1.64	3.0	0.57	4.0	0.65
2207	Duripdn	0.17	88.1	705.3	4.0	0.65	4.0	0.65	4.0	0.65
2208	Planosol-coluial	0.16	84.9	651.2	3.9	0.63	3.9	0.63	3.9	0.63
2209	Duripdn	0.17	94.8	827.1	4.3	0.70	4.3	0.70	4.3	0.70
2210	Duripdn	0.17	98.7	903.5	9.0	2.19	6.4	1.33	7.7	1.77
2211	Planosol-coluial	0.16	100.0	928.5	13.5	3.93	9.2	2.29	11.5	3.06
2212	Duripdn	0.17	109.0	1120.6	6.4	1.33	2.2	0.31	4.3	0.70
2301	Duripdn	0.17	82.5	611.2	3.3	0.46	2.6	0.36	3.0	0.41
2302A	Rendzina-aluvial 6 (a)	0.14	86.2	673.7	3.3	0.46	3.9	0.63	4.6	0.88
2302B	Rendzina-aluvial 6 (b)	0.14	86.2	610.3	4.5	0.42	3.1	0.42	3.1	0.42
2303	Duripdn	0.17	85.4	658.7	4.5	0.86	3.3	0.46	3.9	0.63
2304	Duripdn	0.17	89.6	731.2	6.3	1.29	4.7	0.89	5.5	1.08
2305	Rendzina-aluvial 6	0.14	88.8	718.2	3.1	0.42	3.1	0.42	3.1	0.42
2306	Duripdn	0.17	90.4	746.4	3.2	0.44	3.2	0.44	3.2	0.44
2307	Rendzina-aluvial 6	0.14	90.0	738.9	2.9	0.40	2.9	0.40	2.9	0.40
2401	Planosol-coluial	0.16	100.2	932.3	2.8	0.39	2.5	0.34	2.6	0.36
2402	Planosol-coluial	0.16	84.9	650.8	3.3	0.45	1.7	0.25	2.4	0.34
2403	Rendzina-aluvial 6	0.14	95.1	833.7	4.4	0.71	3.3	0.46	3.8	0.60
2404	Aluvial 17	0.14	92.3	779.7	5.3	1.04	1.7	0.25	3.5	0.48
2405A	Duripdn (a)	0.17	88.4	710.1	8.2	1.86	8.2	1.86	8.2	1.86
2405B	Duripdn (b)	0.17	79.2	560.0	11.3	2.96	11.3	2.96	11.3	2.96
2406	Duripdn	0.17	91.2	760.4	4.4	0.71	3.9	0.62	4.1	0.66
2407A	Planosol-coluial (a)	0.16	84.7	647.7	6.0	1.22	2.9	0.40	4.5	0.73
2407B	Planosol-coluial (b)	0.16	95.2	834.3	4.6	0.88	3.6	0.57	4.1	0.66
2408	Rendzina-aluvial 6	0.14	81.2	590.5	4.9	0.95	4.9	0.95	4.9	0.95
2501	Rendzina-aluvial 6	0.14	91.9	772.6	2.3	0.33	1.9	0.28	2.1	0.30

2507	Rendzina-aluvial 5	0.14	94.0	812.2	2.1	0.30	2.1	0.30	2.1	0.30
2501	Rendzina-aluvial 5	0.14	75.2	500.0	4.5	0.86	2.9	0.40	5.7	0.59
2504	Rendzina-aluvial 5	0.14	89.1	722.9	0.8	0.14	0.8	0.14	0.8	0.14
2505	Rendzina-aluvial 5	0.14	77.1	528.3	15.0	4.64	15.0	4.64	15.0	4.64
2601A	Rendzina-aluvial 6 (a)	0.14	88.0	703.2	5.5	1.12	3.1	1.12	3.1	1.12
2601B	(b)	0.14	91.3	761.7	3.1	0.42	3.1	0.42	3.1	0.42
2602A	Duripán (a)	0.17	89.8	735.5	10.0	2.48	10.0	2.48	10.0	2.48
2602B	(b)	0.17	82.9	618.3	3.0	0.41	3.0	0.41	3.0	0.41
2603A	Rendzina-aluvial 6 (a)	0.14	76.7	522.8	2.2	0.31	2.2	0.31	2.2	0.31
2603B	(b)	0.14	85.2	655.8	3.3	0.57	3.3	0.57	3.3	0.57
2604	Rendzina-aluvial 6	0.14	91.2	760.8	2.8	0.32	2.8	0.32	2.8	0.32
2605	Duripán	0.17	91.7	759.8	3.1	0.42	3.1	0.42	3.1	0.42
2606A	Rendzina-aluvial 6 (a)	0.14	93.5	801.9	8.2	1.86	8.2	1.86	8.2	1.86
2606B	(b)	0.14	89.9	736.5	14.5	4.26	3.6	0.57	8.9	2.09
2607	Rendzina-aluvial 6	0.14	97.1	871.4	9.3	2.24	4.7	0.91	7.0	1.50
2608	Rendzina-aluvial 6	0.14	96.2	854.0	6.0	1.22	5.0	0.97	5.5	1.09
2609	Duripán	0.17	96.3	856.7	2.0	0.29	2.0	0.29	2.0	0.29
2610	Rendzina-aluvial 6	0.14	101.5	958.8	15.0	4.64	15.0	4.64	15.0	4.64
2701	Planosol-coluvial	0.16	151.1	2278.2	3.7	0.60	3.6	0.57	3.7	0.58
2702	Planosol-coluvial	0.16	126.7	1553.5	10.2	2.54	1.1	0.19	1.2	0.12
2703	Aluvial 17	0.20	145.9	2109.4	23.7	9.77	22.5	8.98	23.1	9.37
2704	Duripán	0.17	138.8	1891.8	7.2	1.55	1.1	0.20	4.2	0.67
2705	Arenosol	0.04	154.0	2369.4	12.9	3.64	3.0	0.41	8.0	1.78
2706	Planosol-coluvial	0.16	105.3	1038.0	8.5	1.94	2.3	0.32	5.4	1.06
2707	Aluvial 17	0.20	104.8	1027.5	8.2	1.86	2.3	0.32	5.3	1.03
2708	Arenosol	0.04	120.5	1390.9	19.5	7.07	16.4	5.34	17.9	6.18
2709	Duripán	0.17	133.3	1732.0	0.8	0.14	0.8	0.14	0.8	0.14
2801	Aluvial 17	0.20	105.5	1043.5	0.9	0.15	0.6	0.13	0.7	0.14
2802A	Aluvial 17 (a)	0.20	119.3	1363.0	0.6	0.12	0.6	0.12	0.6	0.12
2802B	(b)	0.20	105.3	1039.0	0.6	0.13	0.6	0.13	0.6	0.13
2803	Aluvial 17	0.20	126.7	1551.0	1.7	0.25	1.7	0.25	1.7	0.25
2804	Aluvial 17	0.20	101.3	954.9	0.5	0.12	0.5	0.12	0.5	0.12
2901A	Aluvial 17 (a)	0.20	104.8	1029.2	0.5	0.12	0.5	0.12	0.5	0.12
2901B	(b)	0.20	104.9	1030.9	1.9	0.14	1.9	0.20	1.9	0.28
2901C	(c)	0.20	101.2	952.2	0.8	0.14	0.8	0.14	0.8	0.14
2902	Aluvial 17	0.20	109.8	1139.4	0.8	0.14	0.8	0.14	0.8	0.14
2903	Aluvial 17	0.20	104.6	1024.1	0.6	0.13	0.6	0.13	0.6	0.13
3001	Arenosol	0.04	125.7	1526.7	0.9	0.15	0.5	0.12	0.7	0.13
3002	Arenosol	0.04	128.8	1608.4	0.6	0.13	0.6	0.13	0.6	0.13
3003	Arenosol	0.04	132.2	1700.9	0.6	0.13	0.6	0.13	0.6	0.13

(*) Valores expresados en (tm x ha x hora)/(ha x MJ x mm).

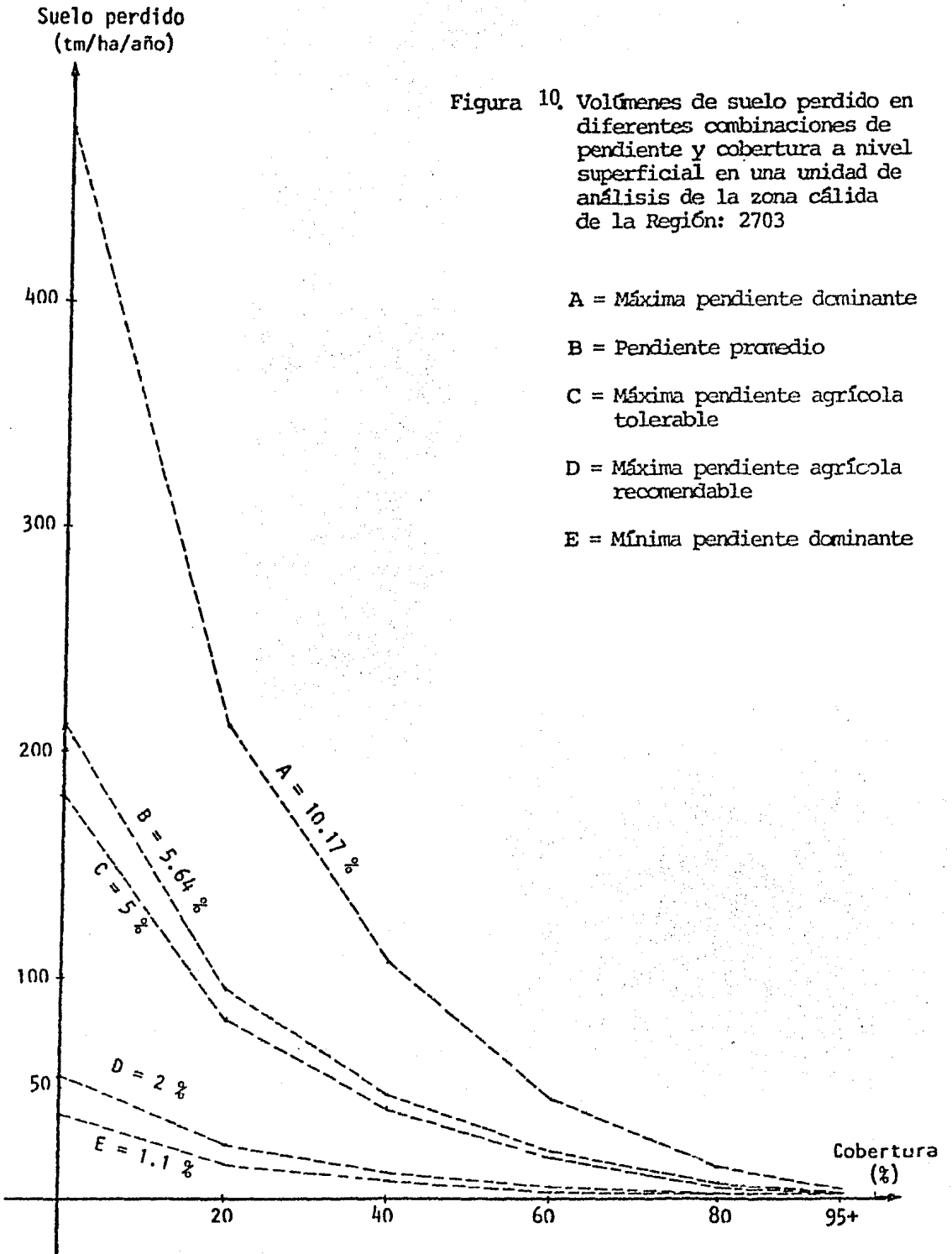
(**) Valores expresados en (MJ x mm)/(ha x hora x año).

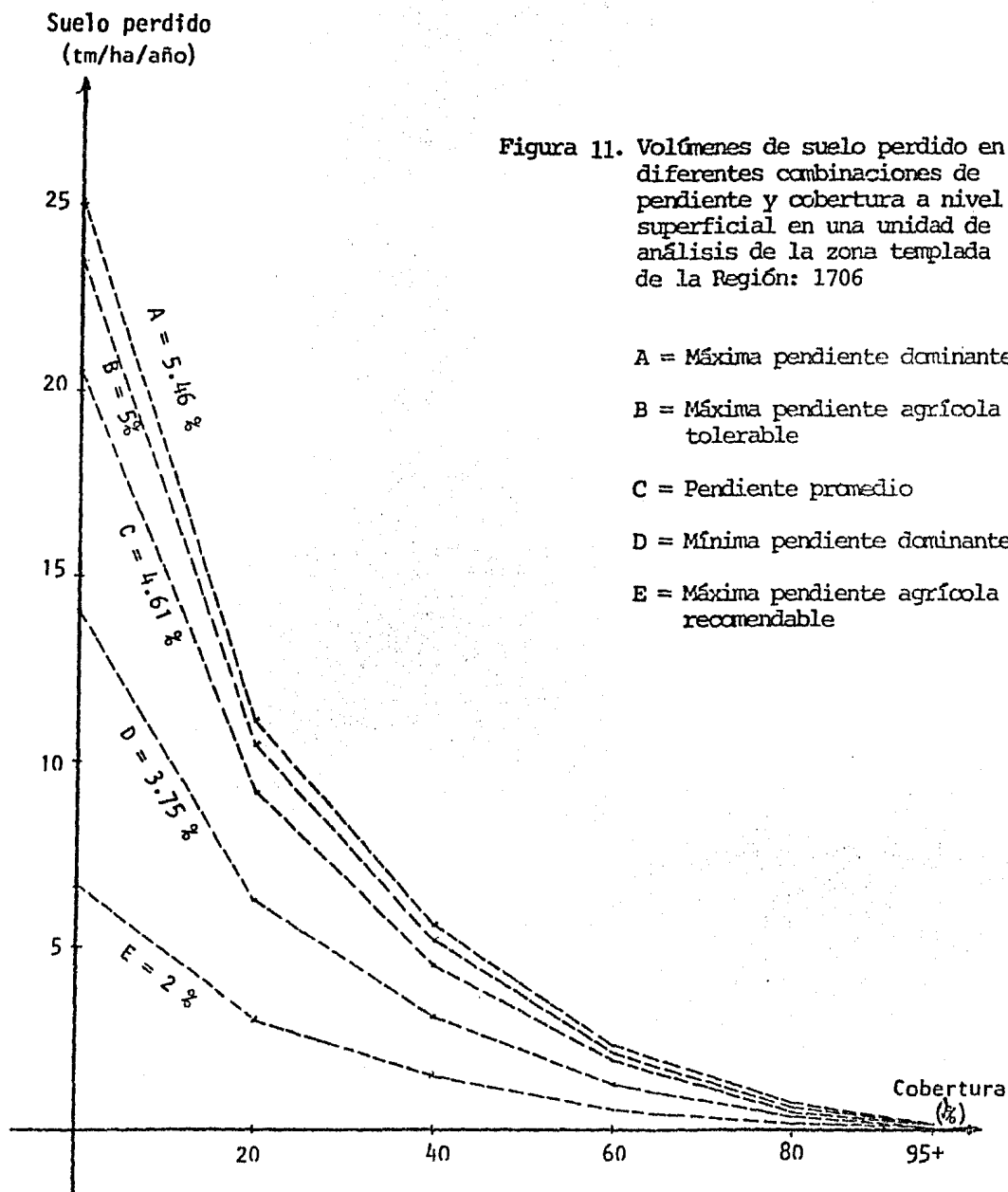
(*) Valor medio de LS obtenido de tres valores debido a lo heterogéneo de la topografía de estas áreas. los valores considerados son los siguientes:

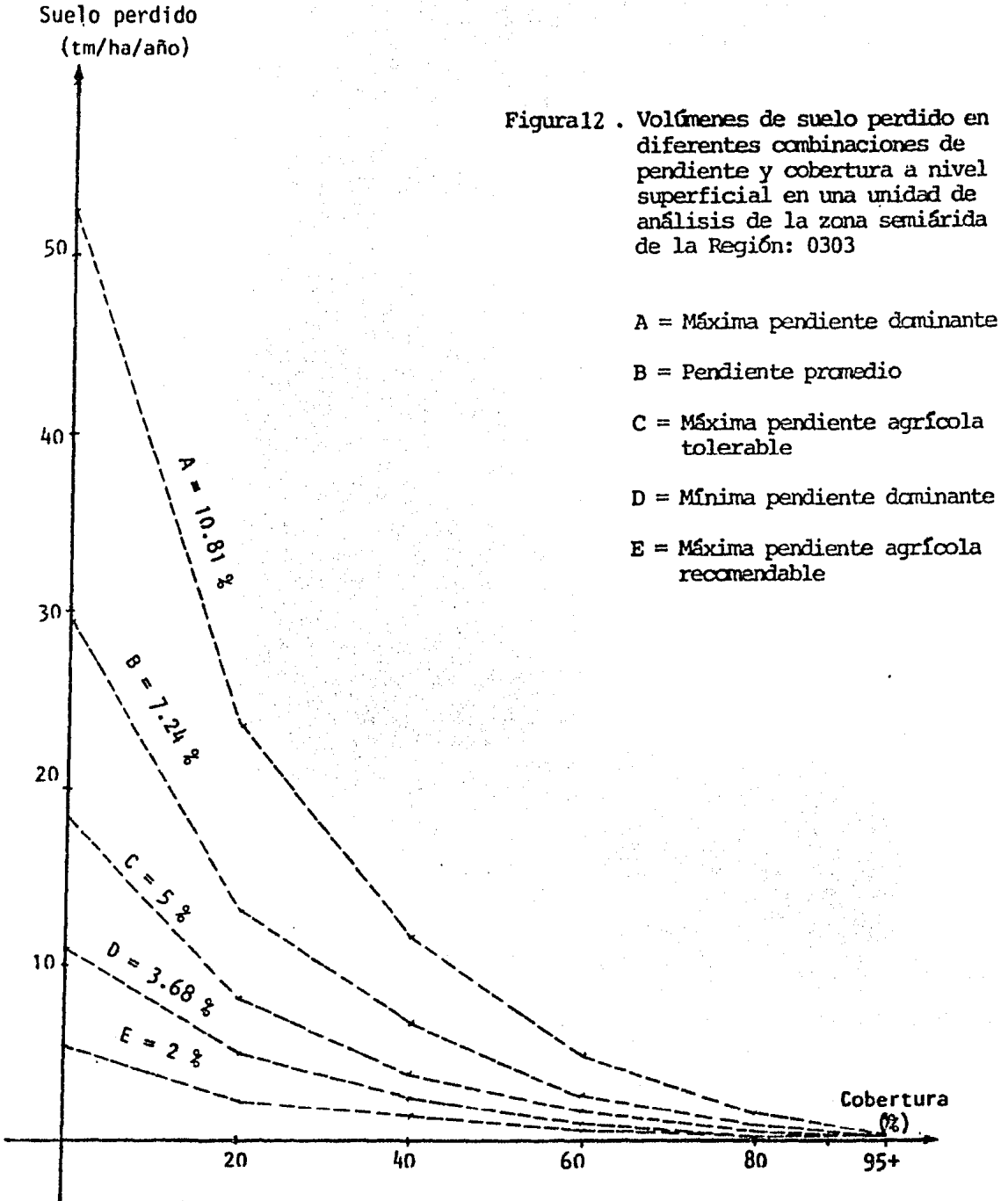
CLAVE DEL AREA MINIMA	PENDIENTE MAS ABRUPTA (%)	FACTOR LS MAXIMO	PENDIENTE MAS SUAVE (%)	FACTOR LS MINIMO	OTRA PENDIENTE COMUN (%)	FACTOR LS CORRESP.	PENDIENTE MEDIA (%)	FACTOR LS MEDIO
2401	2.82	0.3954	2.45	0.3392	2.52	0.3481	2.59	0.3573
2402	3.28	0.4472	1.68	0.2521	2.37	0.3299	2.44	0.3388
2403	4.36	0.7087	3.34	0.4557	3.56	0.5661	3.75	0.5993

FUENTES:

- Buol, Hole y McCracken (1981).
- Granados (1982).
- Portilla (1980).
- Sancholuz, Marten y Zola (1981).







Los datos utilizados son de tipo climático (precipitación máxima en 24 horas), edáfico (textura, estructura y permeabilidad), topográfico (pendiente), además de considerar la protección que ofrece la vegetación al suelo y las prácticas de conservación del mismo.

Para cada tipo de tierra se calcularon los valores siguientes:

- Un grado de erosividad pluvial típico (Factor R) promediando los valores obtenidos para cada unidad terrestre que comprende el tipo, en base a las estaciones climatológicas, cuya área de influencia alcanza a las unidades. Los valores promediados son muy similares por cuanto similares son las condiciones climáticas que conforman las unidades. La forma de obtención del factor R se puede leer en el punto 3.5.2 y los valores numéricos de este factor por tipo de tierra, así como para los demás factores son analizados en el inciso 5.2.
- Un grado de susceptibilidad a la erosión (o resistencia intrínseca del suelo a erosionarse), el cual se obtuvo mediante valores texturales medios (porcentaje de arena, limo y arcilla) después de la consideración de los valores de muestras de suelos obtenidos de la encuesta en 306 parcelas de maíz en 26 municipios de la Región (Portilla, 1980). Estos valores se utilizaron y aplicaron al nomograma de erodabilidad (ver figura 4) de Wischmeier para obtener el valor medio del factor K, el cual es aceptable aún no considerándose la permeabilidad y la estructura (Espinoza, 1981), que son las variables secundarias que influyen en la susceptibilidad a la erosión. En el anexo 5 se describen las características texturales medias de los tipos de tierra, así como su factor K correspondiente.

- Para la obtención del factor topográfico (LS) se utilizaron los datos ya procesados (Marten, 1980) de las mediciones de pendientes por cada tipo de tierra efectuadas en campo, donde se consideraron varias pendientes típicas por tipo de tierra; esos valores se procesaron numéricamente y se obtuvieron promedios y grado de desviación de la normal para saber de qué manera o entre qué valores fluctúa lo típico de la pendiente (estos valores están resumidos en el anexo 6).
- El factor C (de cobertura y manejo) es obtenible directamente de tablas (ver tabla 4) en las cuales se muestra el grado de protección ofrecido por determinado uso del suelo de acuerdo al porcentaje de cobertura tanto del dosel como de hierbas a nivel del suelo (ver inciso 3.5.5). En nuestro estudio fue utilizada la tabla 5, elaborada por Marten donde indica el grado de cobertura por cada cultivo en las condiciones de Xalapa.

Para conocer el valor de la erosión potencial por tipo de tierra se obtiene el producto de los valores medios de R, K y LS (este último ofrece un rango, más que un valor específico), con lo cual se obtiene la pérdida de suelo en $tm/ha/año$ que potencialmente se perdería si el suelo se encontrara desnudo, es decir, considerando únicamente los factores de tipo físico: climático, edáfico y topográfico.

El valor de E (erosión hídrica actual) es obtenido de la siguiente manera: el producto $RKLS$ (erosión potencial en suelo desnudo) es multiplicado por las superficies (en ha) que ocupan cada uno de los usos del suelo del tipo de tierra y sus correspondientes factores C, sumándose al final los productos resultantes, con lo cual se obtiene el volumen de suelo perdido anualmente por erosión hídrica en un tipo de tierra determinado en toneladas métricas.

Para saber el volumen total de suelo perdido para toda la Región, se suman todos los valores obtenidos de cada uno de los 33 tipos de tierra, pudiéndose conocer su pérdida media por ha, al dividir el resultado de la adición por la superficie de la Región (en ha).

Cabe hacer mención que para fines prácticos se consideró que F valga 1 (uno) o sea, que no influya en el valor de E ya que las prácticas conservacionistas en la Región son mínimas o nulas.

4.8 Regionalización de la erosión.

El anterior estudio es principalmente numérico y permite saber cuantitativamente la influencia separada y global de los factores físicos geográficos en la pérdida de suelo.

De igual manera, es posible conocer las áreas más afectadas por este proceso, así como los usos del suelo que poseen un mayor grado de erosividad. El volumen total y relativo de suelo perdido en este tipo de unidades se aprecia en la tabla 12, mientras que los volúmenes obtenidos por uso de la tierra en la Región se resumen en el anexo 7.

Así como ciertas unidades terrestres es posible agruparlas en determinados tipos de tierra, esta última clasificación puede, merced a condiciones climáticas resumirse para tener una idea más clara de la influencia que tiene el clima en el desarrollo de una cobertura vegetal protectora que retiene el suelo abatiendo en diverso grado la erosión real de dichas zonas respecto a la potencial si se careciera de vegetación. Los anexos 8 y 9 permiten apreciar estos valores.

Tabla 12. Valores de erosión por tipo de tierra considerando su uso.

TIPO DE TIERRA	Factor R (%)	Factor K (#)	Factor LS	Erosión pot. (suelo desnudo) (tm/ha/año)	Uso del suelo	C	Erosión pot. (suelo cub.) (tm/ha/año)	Sup. (km ²)	Erosión total actual (tm/año)
01. FONDO TEMPLADO	572.4	0.100	0.735	42.001	Agrícola (maíz, caña)	.23	11.76	24.8	29 165.5
					Pastizal	.02	0.84	15.3	1 285.2
					Frutal (templado)	.02	0.84	6.2	520.8
					Urbano	-	-	3.1	-
					Bosque	-	-	3.3	-
					Acahual	-	-	1.7	-
					FONDO TEMPLADO	-	-	5.69	54.4
02. LADERA TEMPLADA	572.4	0.110	12.113	763.322	Agrícola (maíz)	.38	290.06	15.3	443 795.2
					Acahual	-	-	15.1	-
					Pastizal	.02	15.27	35.4	54 043.2
					Frutal	.02	15.27	24.8	37 860.8
					Bosque	-	-	7.8	-
					Urbano	-	-	0.6	-
					LADERA TEMPLADA	-	-	54.11	99.0
03. CRESTA TEMPLADA	572.4	0.024	0.685	9.295	Pastizal	.02	0.19	17.8	330.9
					Agrícola (maíz)	.38	3.53	16.0	5 651.1
					Acahual	-	-	16.5	-
					Bosque	-	-	13.1	-
					Frutal	.02	0.19	7.8	145.0
					CRESTA TEMPLADA	-	-	0.94	65.2
04. PLANO INCLINADO	572.4	0.057	2.861	92.503	Agrícola (papa, maíz)	.34	31.45	25.4	79 885.5
					Pastizal	.02	1.85	19.1	3 533.6
					Bosque	-	-	33.4	-
					PLANO INCLINADO	-	-	10.71	77.9
05. PENDIENTE FUERTE	572.4	0.092	20.468	1081.300	Acahual	-	-	67.4	-
					Pastizal	.02	21.63	86.2	186 416.2
					Bosque	-	-	133.1	-
					Agrícola (papa)	.3	324.39	49.2	1 595 999.0
					PENDIENTE FUERTE	-	-	53.06	335.9
06. ESCARPAS CERROS	572.4	0.168	19.468	1871.529	Urbano	-	-	18.6	-
					Agrícola (maíz, calabaza)	.38	711.18	1.6	113 789.0
					Bosque	-	-	0.6	-
					Varios (pastizal, acahual)	.02	37.43	5.0	18 715.3
					ESCARPAS CERROS	-	-	51.36	25.8
07. PLANO LAS VIGAS	831.0	0.153	1.641	209.196	Agrícola (maíz, haba, papa)	.36	75.31	65.0	489 519.3
					Bosque	-	-	12.4	-
					Pastizal	.02	4.18	12.4	5 188.1
					Frutal	.02	4.18	5.0	2 092.0

					Urbano	-	-	5.2	-	
					Acahual	-	-	4.7	-	
					PLANO LAS VIGAS		47.45	104.7	496 799.3	
08.	LOMA LAS VIGAS	831.0	0.144	1.695	202.216	Agrícola (maíz, haba)	.36	72.80	85.0	618 781.7
						Bosque	-	-	36.9	-
						Acahual	-	-	14.0	-
						Pastizal	.02	4.04	10.7	4 327.4
						Frutal	.02	4.04	2.8	1 132.4
						Urbano	-	-	1.1	-
						LOMA LAS VIGAS		41.46	150.5	624 241.6
09.	LADERA LAS VIGAS- IXHUACAN	831.0	0.192	16.419	2615.626	Bosque	-	-	54.0	-
						Acahual	-	-	59.0	-
						Agrícola (maíz)	.38	993.94	97.3	9 671 015.1
						Pastizal	.02	52.31	7.3	36 188.1
						Urbano	-	-	2.7	-
						LADERA LAS VIGAS-IXHUACAN		440.64	220.3	9 707 203.2
10.	PLANO SEMICALICO HUMEDO	364.7	0.153	0.233	13.005	Agrícola (maíz, papaya)	.38	4.94	61.1	30 196.1
						Frutal	.05	0.65	94.1	6 119.1
						Pastizal	.02	0.26	2.8	72.8
						Urbano	-	-	9.4	-
						Bosque	-	-	0.8	-
						PLANO SEMICALICO-HUMEDO		2.16	168.2	36 388.0
11.	LADERA SEMICALIDA HUMEDA	364.7	0.065	9.634	229.818	Agrícola (maíz)	.38	87.33	71.7	626 162.3
						Frutal	.05	11.49	41.2	47 342.5
						Pastizal	.02	4.60	2.1	965.2
						Urbano	-	-	7.9	-
						Bosque	-	-	3.1	-
						LADERA SEMICALIDA-HUMEDA		53.53	126.0	674 470.0
12.	BARRANCA SEMICALIDA HUMEDA	364.7	0.151	40.462	2225.487	Bosque	-	-	50.1	-
						Frutal	.05	111.27	41.9	466 239.5
						Agrícola (papaya, maíz, frijol)	.36	801.18	7.9	532 928.5
						BARRANCA SEMICALIDA-HUMEDA		10.93	99.9	1 099 168.0
13.	MALPAIS TEMPLADO	572.4	0.084	2.861	138.181	Varios (maíz)	.38	52.51	4.7	24 679.2
						Agrícola (maíz)	.38	52.51	20.9	109 743.6
						Pastizal	.02	2.76	15.8	4 366.5
						Bosque y acahual	-	-	64.8	-
						MALPAIS TEMPLADO		13.07	106.2	138 789.3
14.	MALPAIS SEMICALIDO	364.7	0.230	3.699	310.832	Selva	-	-	5.4	-
						Acahual	-	-	1.9	-
						MALPAIS SEMICALIDO		-	7.3	-

15. CRESTA TEPETATE	497.6	0.157	1.555	121.463	Pastizal	.02	2.43	69.6	16	907.7	
					Acahual	-	-	29.4	-	-	
					Agrícola (maíz)	.38	46.16	31.5	145	39.4	
					Frutal	.05	6.07	0.7	-	425.1	
					Cafetal	.05	6.07	13.2	8	016.6	
					Urbano	-	-	5.8	-	-	
					Varios	-	-	-	-	-	
					(café intercalado)	.05	6.07	3.9	2	369.8	
					CRESTA TEPETATE	-	-	11.23	154.1	173	109.4
					16. FONDC TEPETATE	497.6	0.156	0.487	37.702	Agrícola (caña, maíz)	.23
Frutal	.05	1.89	2.9	-	546.7						
Cafetal	.05	1.89	7.1	1	338.4						
Pastizal	.02	0.75	1.5	-	113.1						
Acahual	-	-	2.8	-	-						
Urbano	-	-	1.0	-	-						
Varios	-	-	-	-	-						
(café intercalado)	.05	1.89	5.4	1	018.0						
FONDC TEPETATE	-	-	3.99	31.9	12	728.3					
17. CAÑADA TEPETATE	497.6	0.013	8.305	53.390	Acahual	-	-	13.7	-	-	
Cafetal	.05	2.67	7.2	1	922.0						
Agrícola (caña, maíz)	.23	12.28	1.1	1	350.8						
Frutal	.05	2.67	0.5	-	133.5						
Pastizal	.02	1.07	2.3	-	245.6						
Varios (cafetal)	.05	2.67	1.6	-	427.1						
CAÑADA TEPETATE	-	-	1.55	26.4	4	079.0					
18. BARRANCA SEMICALIDA	497.6	0.136	25.890	1755.782	Acahual	-	-	268.3	-	-	
Pastizal	.02	35.12	64.9	227	900.5						
Selva	-	-	30.8	-	-						
Cafetal	.05	87.79	28.4	249	321.0						
Agrícola (papaya, maíz)	.38	667.20	16.3	1	087	531.3					
Frutal	.05	87.79	1.1	9	656.8						
Urbano	-	-	0.9	-	-						
BARRANCA SEMICALIDA	-	-	38.33	410.7	1	574	409.6				
19. CRESTA OMOULADA	497.6	0.126	1.218	76.207	Acahual	-	-	122.0	-	-	
Pastizal	.02	1.52	79.9	12	177.8						
Agrícola (maíz)	.38	28.96	65.7	190	257.3						
Urbano	-	-	4.1	-	-						
Selva	-	-	10.0	-	-						
Frutal	.05	3.81	0.3	-	114.3						
Cafetal	.05	3.81	0.5	-	190.5						
CRESTA OMOULADA	-	-	7.18	282.5	202	739.9					
20. BARRANCAS COSTERAS	652.8	0.095	27.958	1737.587	Acahual	-	-	164.7	-	-	
Pastizal	.02	34.75	89.8	312	070.6						
Selva	-	-	21.5	-	-						
BARRANCAS COSTERAS	-	-	11.31	276.0	312	070.6					
21. LADERAS COSTERAS	652.8	0.150	2.164	212.069	Pastizal	.02	4.24	142.0	60	227.6	
Acahual	-	-	-	-	132.0						
Agrícola (caña, maíz)	.23	48.78	27.3	133	158.0						

					Selva	-	-	7.4	
					Frutal	.05	10.60	2.8	2 969.0
					Urbano	-	-	0.5	-
					LADERAS COSTERAS		6.29	312.0	196 354.6
22.	CRESTA RENDZINAS	364.7	0.153	0.573	32.008			106.4	-
					Acahual	-	-	-	-
					Agrícola (maíz, papaya, frijol)	.38	12.16	28.9	35 151.6
					Pastizal	.02	0.64	9.2	589.0
					Selva	-	-	6.9	-
					Urbano	-	-	1.7	-
					CRESTA RENDZINAS		2.33	153.1	35 740.5
23.	PLANO RENOZINAS	364.7	0.127	0.249	11.520			72.0	31 518.8
					Agrícola (maíz, papaya)	.38	4.38	21.2	-
					Acahual	-	-	2.3	-
					Urbano	-	-	1.0	23.0
					Pastizal	.02	0.23	1.4	80.6
					Frutal	.05	0.58	-	-
					PLANO RENDZINAS		3.23	97.9	31 622.5
24.	ALUVIONES Y TERRAZAS	497.6	0.179	0.233	20.731			267.8	155 450.1
					Agrícola (caña, maíz, frijol)	.28	5.81	86.2	-
					Acahual	-	-	34.1	1 413.9
					Pastizal	.02	0.42	9.2	-
					Urbano	-	-	28.8	2 985.3
					Frutal	.05	1.04	1.4	-
					Selva	-	-	2.0	207.3
					Cafetal	.05	1.04	-	-
					ALUVIONES Y TERRAZAS		3.73	429.5	160 056.6
25.	MEDANO	652.8	0.041	1.054	27.859			42.7	52 904.9
					Médano desnudo	.45	12.54	15.0	-
					Acahual	-	-	2.0	278.6
					Frutal	.05	1.39	5.7	5 557.9
					Agrícola (maíz, frijol)	.35	9.75	4.6	256.7
					Pastizal	.02	0.56	-	-
					MEDANO		8.49	69.5	58 997.7
26.	LAGUNA	652.8	0.128	0.839	70.016			9.6	-
					Manglar	-	-	5.2	-
					Agua	-	-	1.2	3 192.7
					Agrícola (maíz)	.38	26.61	2.0	-
					Acahual	-	-	5.1	-
					Bosque	-	-	-	-
					LAGUNA		1.38	23.1	3 192.7
27.	MALPAIS FEROTE	68.1	0.019	1.695	2.159			67.0	2 748.0
					Matorral	.19	0.41	27.9	120.5
					Pastizal	.02	0.04	6.6	541.4
					Agrícola (maíz)	.38	0.82	-	-
					MALPAIS FEROTE		0.34	101.5	3 409.9
28.	FALDA AYAHUALULCO	68.1	0.074	3.924	19.701			46.5	-
					Bosque	-	-	27.8	1 095.4
					Pastizal	.02	0.39	-	-
					Agrícola (maíz, frijol, calabaza)	.38	7.49	26.2	19 614.8

					Acahual	-	-	11.8	-
					FALDA AYAHUALULCO		1.84	112.3	20 710.2
29. VALLE DE PEROTE	68.1	0.155	0.458	4.822	Agrícola (cebada, maíz, trigo, haba)	.15	0.72	129.4	9 358.8
					Urbano	-	-	13.5	-
					Bosque	-	-	0.9	-
					Cárcevas y derrames	.45	2.17	15.1	3 276.3
					VALLE DE PEROTE		0.80	158.9	12 635.1
30. ABANICO PEROTE	68.1	0.207	1.764	24.828	Agrícola (maíz, cebada)	.3	7.45	92.2	68 674.3
					Urbano	-	-	15.2	-
					Izotal	.14	3.48	14.5	5 074.8
					ABANICO PEROTE		6.05	122.0	73 749.1
31. CARCAVAS Y DERRAMES	68.1	0.207	0.771	10.847	Cárcevas y derrames	.45	4.88	76.7	37 440.1
					Cerros	.45	4.88	20.0	9 762.7
					CARCAVAS Y DERRAMES		4.88	96.7	47 202.8
32. PLANO CONEJOS	68.1	0.277	0.158	2.992	Agrícola (papas, maíz)	.32	0.96	3.3	316.0
					Cárcevas	.45	1.35	4.0	538.6
					PLANO CONEJOS		1.17	7.3	854.6
33. COFRE DE PEROTE	68.1	0.150	17.821	182.115	Agrícola (papas)	.3	54.64	24.2	132 215.6
					Urbano	-	-	4.3	-
					Bosque	-	-	10.3	-
					Acahual	-	-	56.9	-
					Pastizal	.02	3.64	16.2	5 900.5
					Cresta roca	-	-	2.7	-
					COFRE DE PEROTE		12.05	114.6	138 116.1

(*) Valores expresados en (MJ x mm)/(ha x hora x año).

(#) Valores expresados en (tm x ha x hora)/(ha x MJ x mm).

FUENTES:

- Granados (1982).
- Marten, (1980).

5. RESULTADOS

5.1 Carta de Erosividad de la Región Xalapa.

Uno de los resultados parciales de este trabajo fue el mapa de erosividad representado en la figura 7, donde se representan los gradientes de influencia de la precipitación sobre el suelo en forma de isolíneas.

El gradiente de erosividad mostrado en el mapa mencionado responde en general a la altimetría y continentalidad del área, lo cual se hace patente al compararlo con el mapa de precipitación total anual (figura 6) elaborado por Koterba y Lavín (1979), con el que hay gran correlación excepto en ciertas zonas, como son las áreas de influencia de las estaciones San Joaquín y Juchique de Ferrer que conforman isolíneas de depresión y Francisco Sarabia y La Fundición que representan picos dentro de los gradientes de las isopletas en cuestión.

Lo extendido de la llanura costera hacia el norte de la región en estudio, que llega hasta 25 km (cuenca baja del río Misantla), así como el sentido dominante de los vientos alisios (noreste-suroeste) provocan que la humedad proveniente del Golfo sea descargada paulatinamente primero (espaciamiento de isoyetas e isodatas) y en forma abrupta después al chocar con las estribaciones septentrionales de la sierra de Chiconquiaco (acercamiento de dichas isopletas) al producir lluvias crográficas, que generalmente presentan una correspondencia con los valores de la lluvia máxima en 24 horas. Aunque hay un aumento general con la altimetría de la erosividad, se presenta un punto

depresivo importante en Juchique de Ferrer debido probablemente por representar la zona donde se inicia en forma clara la región montañosa de Chiconquiaco y Manuel Dfaz; de ahí hay un incremento abrupto hasta Plan de las Mayas, 10 km al sureste, que representa el punto más erodable de toda la Región.

La sierra de Manuel Dfaz, al este de la Región, a pesar de que no excede de los 600 m de altitud tiene una influencia considerable en la erosividad del interior pues presenta una sombra hacia el occidente, lo mismo que el sur de la sierra de Chiconquiaco, dando un efecto de continentalidad, acentuado más hacia el oeste; pero la humedad proyectada por encima de esa altitud choca con la región montañosa del suroeste, donde hay otra importante pantalla orográfica en los cerros Tlanalapa, Bola y Barranca Grande, donde se presenta un máximo de erosividad alrededor de Ixhuacán.

Hacia el sur, en los alrededores de Cerro Colorado hay un área depresiva, donde la relativamente escasa erosividad es debida a condiciones locales; confrontando el mapa de erosividad con el de precipitación total anual se aprecia que en ambos, Ixhuacán y Cerro Colorado representan un pico y una sima respectivamente.

La semiaridez existente a sotavento del Cofre de Perote se hace patente también en el grado de erosividad, donde los valores del factor R disminuyen regularmente de este a oeste y de norte a sur, presentando su mínimo valor en la colonia Temextla, debido al efecto de continentalidad. En esta área como se menciona en el Cap. 5 existen otros factores del clima como el viento que tienen una influencia mayor que la propia lluvia.

5.2 Cálculo de erosión para la Región Xalapa.

La aplicación de esta metodología de cuantificación de suelo perdido (USLE) a unidades físicas homogéneas arrojó valores cuantitativos claramente contrastantes por unidad de manejo mínima de análisis, como consecuencia de la combinación de los factores físicos y culturales de cada caso.

Ciertas similitudes físicas, sobre todo de tipo climático permitió el agrupamiento de los tipos de tierra en grandes zonas, mostradas en el anexo 9 cuyos índices medios de erosión reflejan fielmente el impacto de este fenómeno en cada una de sus áreas comprendidas.

Se puede apreciar que los volúmenes totales de suelo perdido, así como los valores medios por unidad de superficie correspondientes a la erosión potencial no difieren mucho entre sí, presentándose los mayores valores en la zona semicálida debido principalmente a los valores relativamente grandes de las pendientes que influyen en el factor LS.

Sin embargo, al comparar los valores correspondientes calculados para la erosión actual, una vez considerado el uso del suelo encontramos grandes diferencias, pues sólo las zonas templada y semicálida se acercan al promedio regional (38.7 tm/ha/año).

Esto último se debe, en el caso de la zona fría y semifrías a la gran explotación agrícola previa deforestación, principalmente en el tipo de tierra Laderas Las Vigas-Ixhuacán, con gran pendiente y a las consecuentes cárcavas provocadas cuyo desarrollo acelera el proceso erosivo; es en esta parte también

donde la acción del viento ocasiona una severa erosión eólica una vez que se ha preparado el terreno al quitar la cubierta vegetal protectora.

En cuanto a la zona cálida, aunque hay un gran potencial erosivo debido a la mayor precipitación, hay generalmente un potencial de regeneración de la vegetación también muy grande, lo que contrarresta la acción de la erosión hídrica, también disminuida por las relativamente grandes extensiones cubiertas por pastizal (para fines ganaderos), bosque y acahual, que ofrecen una gran protección al suelo. Casos excepcionales son las áreas con clima tropical y degradación ecológica tal, que la vegetación ya no se puede regenerar y permite una remoción acelerada del suelo.

Es importante considerar que las actividades humanas son el principal factor desencadenante de la erosión real de la Región (de manera especial en la zona fría y semiárida, donde se posee un índice medio de erosión superior a 100 tm/ha/año). Esto se hace evidente al apreciar el anexo 7, en donde se muestra que un 99% del total regional de erosión hídrica es provocado por la sustitución de la vegetación natural (bosque y selva) por cultivos perennes (cafetales, frutales y pastizales inducidos o sembrados) y de manera especial por anuales (81% de la erosión total).

5.3 Cálculo de erosión a nivel puntual.

En este inciso se muestra cómo es posible obtener el valor del volumen de la erosión hídrica potencial y actual aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) cuando se cuentan con los datos necesarios para un punto determinado (una zona no

muy extensa, v. gr. una parcela de cultivo).

En la tabla 13 se aprecian los cálculos de erosión obtenidos mediante la aplicación de la USLE a partir de ciertos valores físicos necesarios que se disponen de una parcela de estudio con el fin de obtener la erosión potencial de la misma, que corresponde generalmente a una parcela de maíz localizada bajo determinadas condiciones de tipo climático, edáfico, topográfico y de manejo. En la misma tabla se ofrece una posible alternativa donde se ha establecido como meta la reducción del volumen de erosión a un valor tolerable que permita el aprovechamiento a largo plazo del suelo con su correspondiente rentabilidad.

En el programa Ordenación Ecológica del INIREB se dispone de un banco de datos obtenido de diversos puntos de la Región Xalapa, con lo cual es posible la determinación de la erosión de dichos puntos. Estas parcelas son en cierta forma representativas de los tipos de tierra presentes en la Región (ver inciso 4.2) y resumen las condiciones ecológicas que ocurren en el área de estudio y en ciertas partes de los municipios aledaños de Altotonga, Las Minas y otras regiones al norte de aquella.

Considerando que todos los puntos muestreados corresponden a campos cultivados por maíz es posible aplicar el valor de 0.38 correspondiente al factor de cobertura y manejo que se indica en la tabla 5 y el valor de 1 al factor P (de prácticas conservacionistas) debido a la escasez de labores de conservación en toda la Región. Una vez con los valores de estos dos factores es posible obtener los correspondientes a los volúmenes de suelo perdido en los puntos muestreados con suelo cubierto con maíz, como se muestra en la tabla 13.

Los cálculos efectuados con los datos necesarios en los puntos muestreados constituyen el banco de datos de erosión del

Tabla 13. Ejemplo de una aplicación de la USLE a nivel puntual.

Localidad: Acatlán, Ver.

Condiciones actuales:

Superficie cultivada: 1.5 ha.
 Siembra estacional de maíz.
 Rendimiento medio de 2.5 tm/ha.
 Cultivo frecuentemente a lo largo de la pendiente.
 Suelo: Andosol.
 Pendiente media: 7%
 Longitud del terreno: 100 m.
 Clima semicálido (el más cálido de los templados).
 Estación climatológica: Acatlán (SARM 30-338).

R = 1342.5
 K = 0.1143
 LS = 1.4931
 C = 0.38
 P = 1.0

$E = 1342.5 \times 0.11 \times 1.49 \times 0.38 \times 1.0 = 87.1$ tm/ha/año de pérdida de suelo.

Condiciones futuras (planeadas en base a sus características físicas):

Superficie cultivada: 1.5 ha.
 Rotación de maíz, pastos y eventualmente trigo, dejando residuos para la protección del suelo en la época de descanso.
 Cultivo de fajas en contorno.
 Suelo: Andosol.
 Pendiente media: 7%
 Longitud del terreno: 100 m.
 Clima semicálido (el más cálido de los templados).

R = 1342.5
 K = 0.1143
 LS = 1.4931
 C = 0.119
 P = 0.3

$E = 1342.5 \times 0.11 \times 1.49 \times 0.12 \times 0.3 = 8.2$ tm/ha/año de pérdida de suelo.

programa de investigación dentro del cual se enmarca el presente trabajo, susceptible a enriquecerse a medida que sean efectuados más muestreos edáficos en la partes menos densamente muestreadas de la Región.

5.4 Cálculo y mapeo de erosión por computadora.

En este inciso se hace referencia al uso del sistema de cómputo gráfico TEKTRONIX 4054 equipado con digitalizador 4956 en el mapeo de unidades cartográficas de análisis, cuya homogeneidad en cuanto a características físicas admite el cálculo de su erosión potencial, así como mapas parciales de grandes tipos de suelos, Paisajes terrestres, áreas geomunicipales y de erosividad (este último mostrando isolíneas en lugar de áreas).

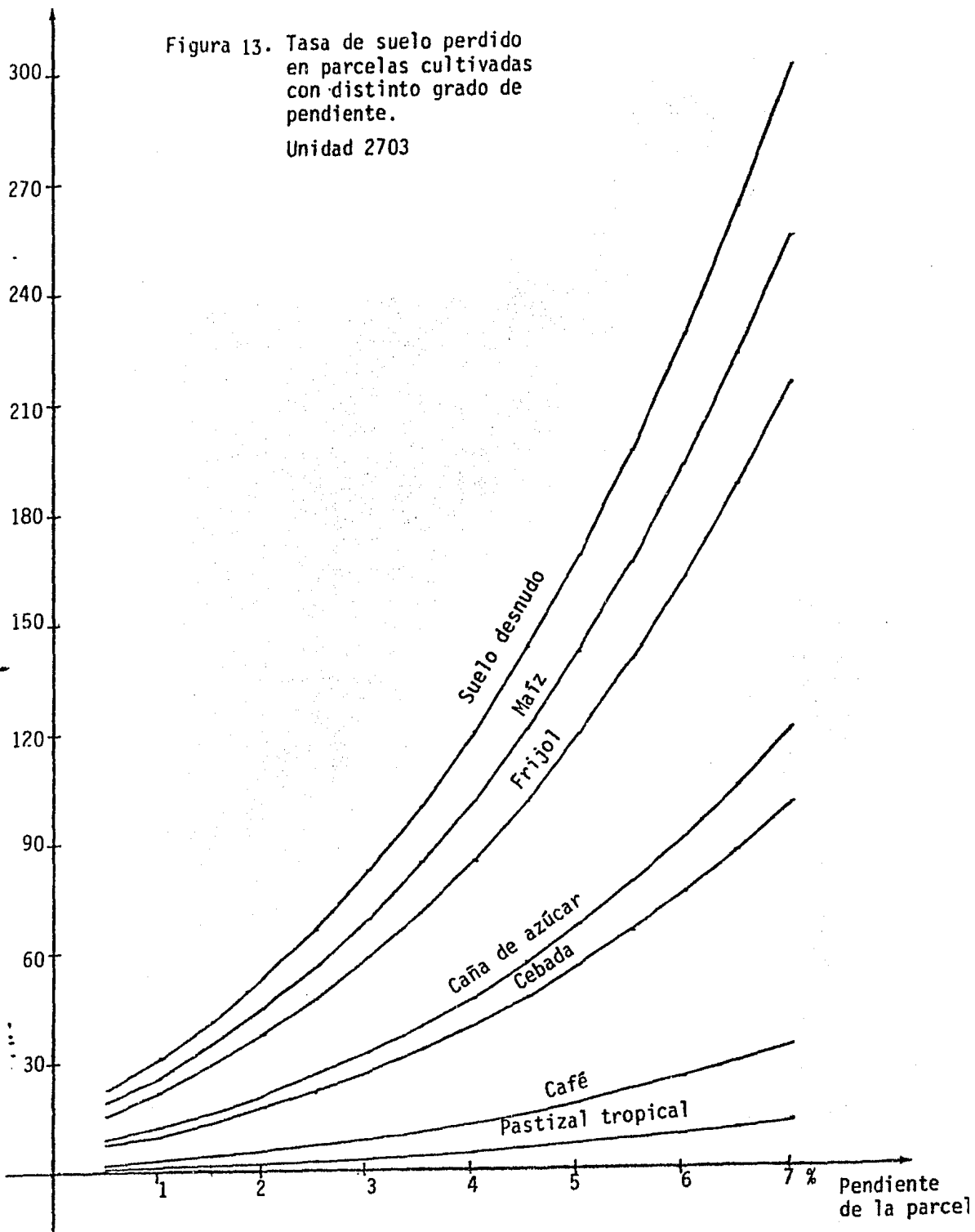
Una condición necesaria que deben reunir los mapas temáticos a almacenar es que deben tener un mismo marco de referencia independientemente de la escala si se desea una posterior sobreposición, pudiendo disponer de un mapa base previo, que bien puede ser de división política administrativa o una clasificación fisiográfica. En el presente trabajo fueron sobrepuestos los mapas de división geomunicipal con los límites políticos utilizados para el Censo Nacional de Población y Vivienda de 1980 y el mapa de Paisajes terrestres, elaborado en el programa de investigación Ordenación Ecológica del INIREB.

Una vez obtenidas las áreas mínimas de estudio, es posible si se poseen valores de topografía, cobertura y manejo y prácticas conservacionistas obtener sendas gráficas como las mostradas en las figuras 10 a 16, donde se aprecia el grado de erosión potencial para un suelo específico, pudiéndose saber cuál de los

Suelo perdido
(tm/ha/año)

Figura 13. Tasa de suelo perdido
en parcelas cultivadas
con distinto grado de
pendiente.

Unidad 2703



Suelo perdido
(tm/ha/año)

70

60

50

40

30

20

10

0

20

40

60

80

100

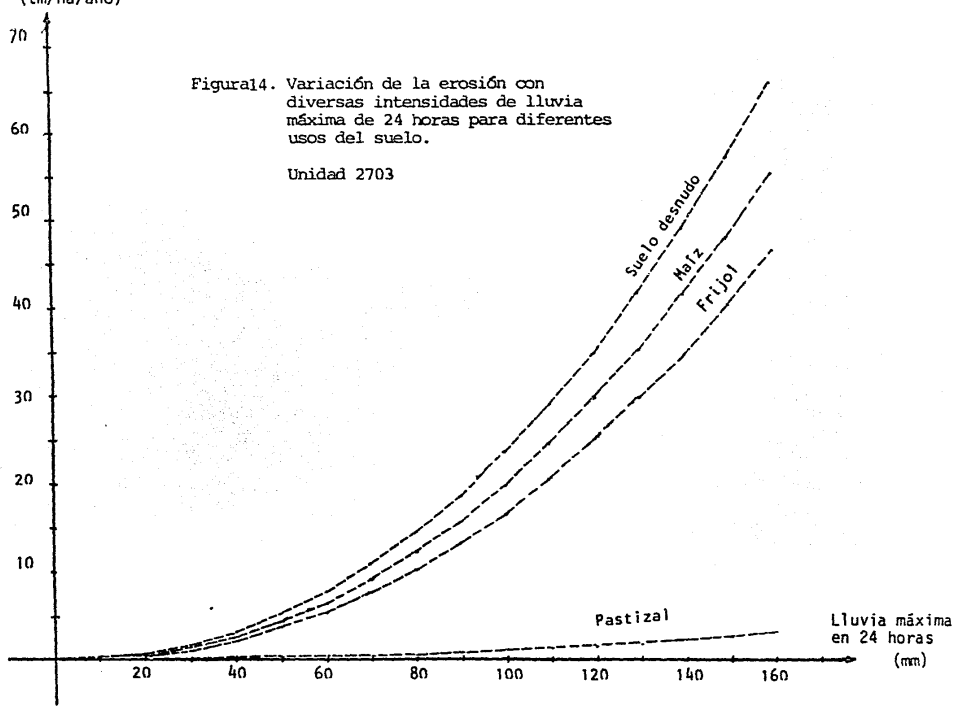
120

140

160

Figura 14. Variación de la erosión con
diversas intensidades de lluvia
máxima de 24 horas para diferentes
usos del suelo.

Unidad 2703



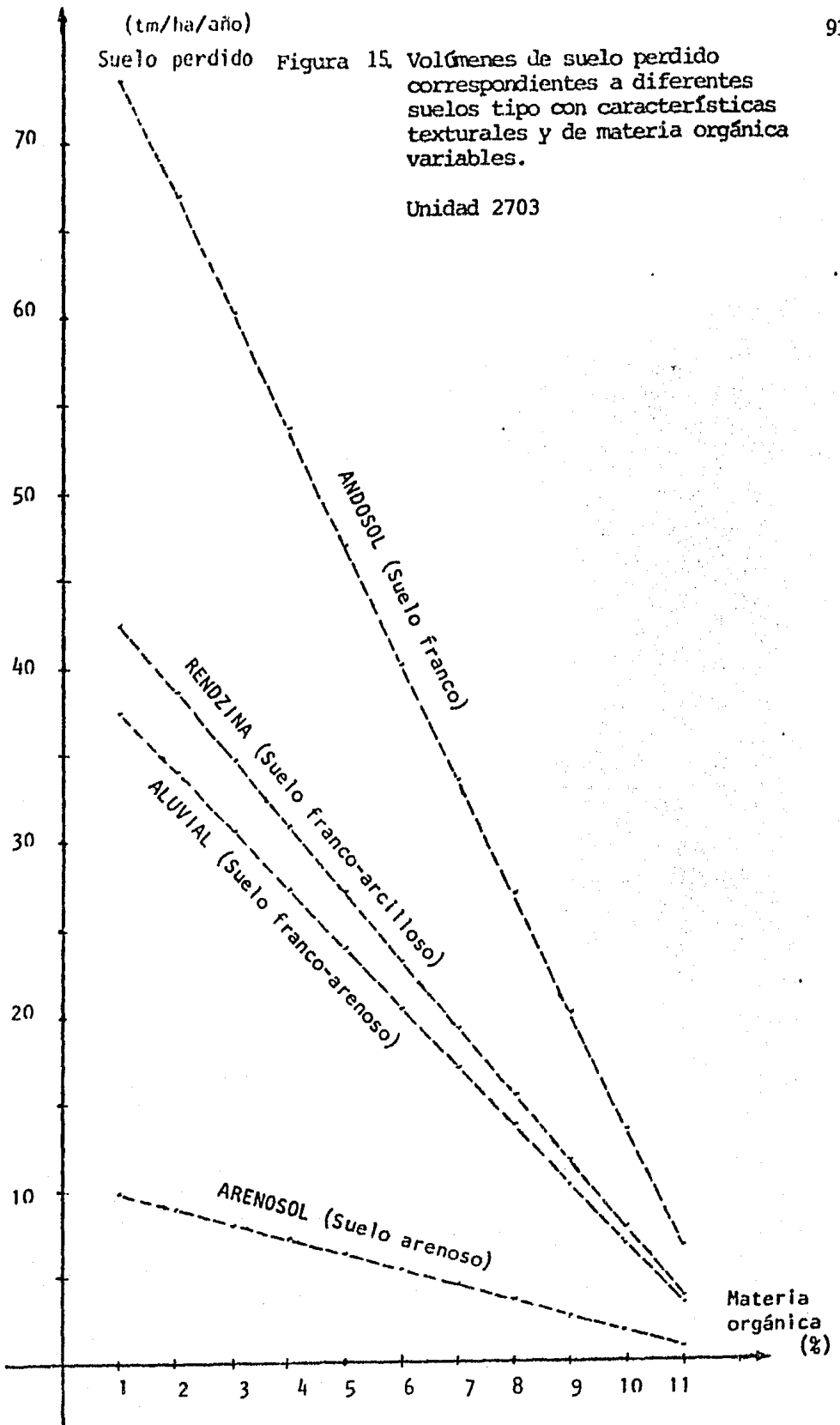
(tm/ha/año)

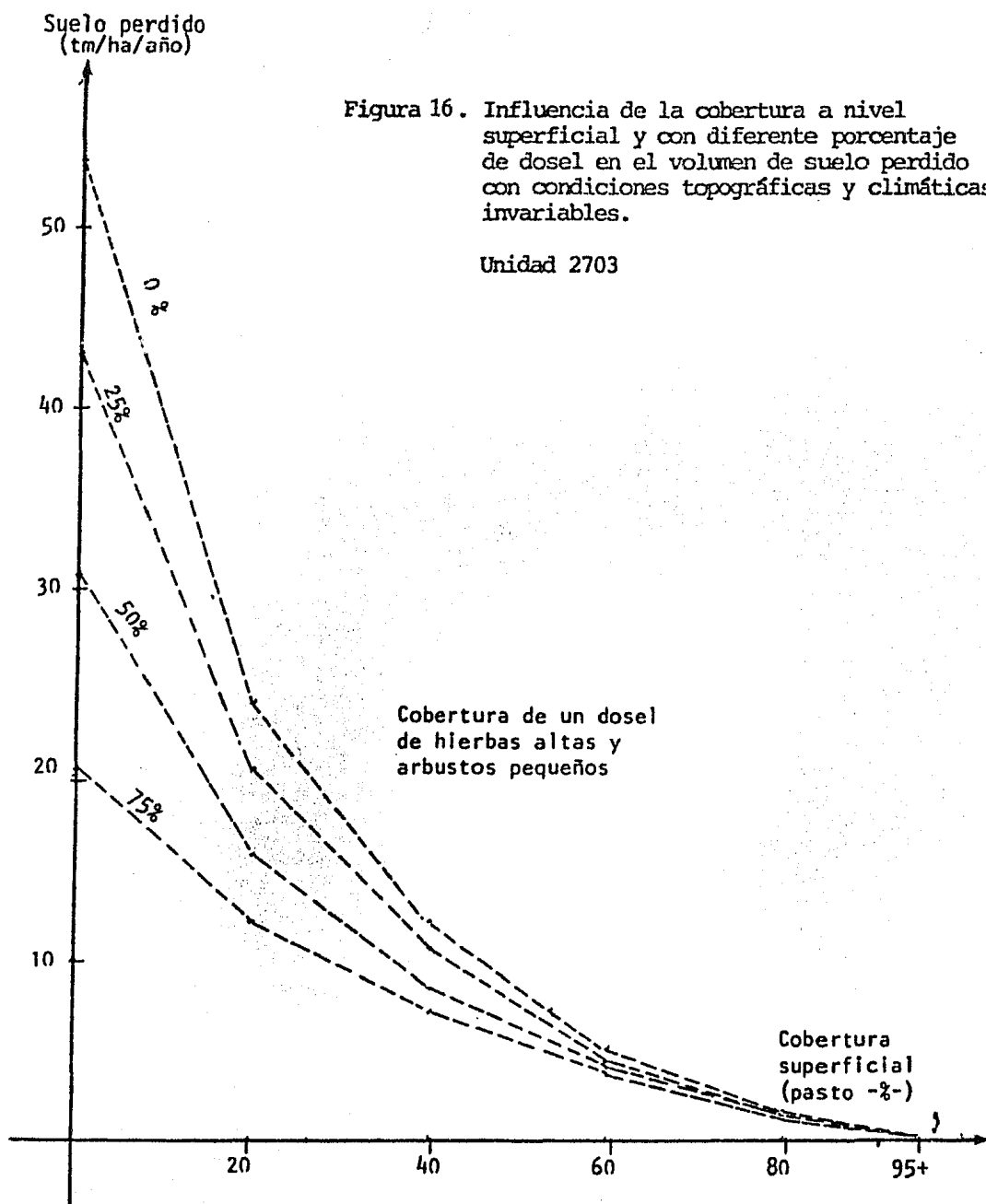
Suelo perdido

Figura 15.

Volúmenes de suelo perdido correspondientes a diferentes suelos tipo con características texturales y de materia orgánica variables.

Unidad 2703





factores es más sensible y tiene mayor influencia en dicha pérdida de suelo. Todo esto es con el fin de planear ciertas actividades económicas, principalmente de aprovechamiento y conservación del suelo de una zona dada.

Para el cálculo del valor de suelo perdido por precipitación para puntos específicos se utilizó el programa Fortran LSLE.FOR (Granados, 1982), que funciona con base en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (ver inciso 3.5), realizando internamente todos los cálculos necesarios una vez que se han introducido los datos requeridos (lluvia máxima en 24 horas del sitio, datos texturales y de materia orgánica del suelo, largo y gradiente de la pendiente y tipo de cobertura), pudiéndose si se desea así, hacer variar uno o varios valores para obtener uno o varios escenarios que respondan a las metas fijadas (conservación, optimización del uso del suelo, etc.).

5.5 Inventario físico de unidades de análisis y comportamiento de la erosión bajo diferentes escenarios.

Una vez caracterizadas las unidades de planeación por su grado de homogeneidad (con un rango de variación relativamente bajo) y determinadas sus características físicas medias necesarias para la determinación de su erosión potencial (tabla 11) es posible aplicar programas de uso del suelo adecuado de acuerdo al grado de fragilidad ecológica de las mismas considerando a la erosión hídrica como un índice de dicha fragilidad. A manera de ejemplos del tipo de inventario factible de realizar para estas unidades de análisis se elaboraron tres tablas (14, 15 y 16) con las características físicas resumidas y un rango de erosión hídrica potencial bajo suelo desnudo, tanto para una unidad

Tabla 14. Inventario físico de una unidad de análisis
de la zona cálida de la Región.

Clave:	2703
Paisaje terrestre:	MANUEL DIAZ
Area Geomunicipal:	ALTO LUCERO
Superficie:	97.0 km ²
Lluvia máxima en 24 horas media:	145.93 mm
Tipo de suelo dominante:	ALUVIAL 17
Pendiente dominante máxima:	10.2 %
Pendiente dominante mínima:	1.1 %
Pendiente promedio:	5.6 %
FACTOR R	2109.37 (MJ.mm)/(ha.h.año)
FACTOR K	0.20 (tm.ha.h)/(ha.MJ.mm)
FACTOR LS máximo	2.54
FACTOR LS mínimo	0.19
FACTOR LS medio	1.12
FACTOR LS agrícola (máximo tolerable: 5%)	0.97
FACTOR LS agrícola (máximo recomendable: 2%)	0.29
RANGO DE EROSION HIDRICA	
POTENCIAL (suelo desnudo)	80.45 a
	1057.73 tm/ha/año

Tabla 15. Inventario físico de una unidad de análisis de la zona templada de la Región.

Clave:	1706
Paisaje terrestre:	XALAPA
Area Geomunicipal:	XALAPA
Superficie:	102.2 km ²
Lluvia máxima en 24 horas media:	82.89 mm
Tipo de suelo dominante:	LATOSOL PARDO AMARILLO
Pendiente dominante máxima:	5.5 %
Pendiente dominante mínima:	3.8 %
Pendiente promedio:	4.6 %
FACTOR R	618.17 (MJ.mm)/(ha.h.año)
FACTOR K	0.08 (t.ha.h)/(ha.MJ.mm)
FACTOR LS máximo	1.08
FACTOR LS mínimo	0.60
FACTOR LS medio	0.88
FACTOR LS agrícola (máximo tolerable: 5%)	0.97
FACTOR LS agrícola (máximo recomendable: 2%)	0.29
RANGO DE EROSION HIDRICA POTENCIAL (suelo desnudo)	31.19 a 56.15 t/ha/año

Tabla 16. Inventario físico de una unidad de análisis de la zona semiárida de la Región.

Clave:	0303
Paisaje terrestre:	TEMBLADERAS-TENEXTEPEC
Area Geomunicipal:	PEROTE
Superficie:	141.5 km ²
Lluvia máxima en 24 horas media:	56.68 mm
Tipo de suelo dominante:	REGOSOL
Pendiente dominante máxima:	10.8 %
Pendiente dominante mínima:	3.7 %
Pendiente promedio:	7.2 %
FACTOR R	270.96 (MJ.mm)/(ha.h.año)
FACTOR K	0.15 (tm.ha.h)/(ha.MJ.mm)
FACTOR LS máximo	2.79
FACTOR LS mínimo	0.59
FACTOR LS medio	1.56
FACTOR LS agrícola (máximo tolerable: 5%)	0.97
FACTOR LS agrícola (máximo recomendable: 2%)	0.29
RANGO DE EROSION HIDRICA	
POTENCIAL (suelo desnudo)	24.56 a
	116.65 tm/ha/año

representativa de la zona cálida de la Región (2703), de la zona templada (1706, que contiene el mayor asentamiento humano del área: Xalapa Enriquez) y de la zona semiárida del oeste del Cofre de Perote (0303).

Contando con las características físicas de estas unidades piloto fue posible la elaboración de sendas gráficas (figuras 10, 11 y 12) que muestran de una manera discreta los volúmenes de erosión en toneladas métricas por hectárea al año para un suelo que presente diversos grados de cobertura vegetal (20, 40, 60, 80 y 95% o más) dentro de los valores de pendiente máxima y mínima dominantes para cada área, su valor medio y los correspondientes a las inclinaciones de pendiente en una utilización agrícola del suelo con sus límites máximos recomendables (2%) y tolerables (5%).

En base a varias clasificaciones orientadas principalmente a la vocación agropecuaria del suelo y considerando especialmente la elaborada por la S.A.R.H. (1977) para terrenos con pendiente uniforme se tomó el valor de 2% como pendiente máxima recomendable pues aproximadamente a partir de este límite se impide el anegamiento, pero el escurrimiento aún no adquiere una velocidad excesiva que remueva el suelo. A una pendiente de 5% sin embargo, el escurrimiento adquiere un comportamiento agresivo en parcelas con cultivos anuales y valores superiores se consideran ya "intolerables".

En las tres gráficas se consideraron como valores invariables las características físicas correspondientes a la lluvia máxima en 24 horas y tipo de suelo, así como la longitud de la pendiente (valor tipo 100 metros) y dentro de los parámetros de cobertura y manejo, pasto a nivel superficial y ausencia de estrato vegetal superior. La elaboración de estos escenarios en la unidades tomadas como pilotos permite apreciar la influencia

exponencial de la cobertura sobre la erosión hídrica, que hace posible discriminar las pendientes de acuerdo a su uso potencial (agrícola, frutal, forestal); para tal efecto se han graficado los valores correspondientes a las pendientes de referencia denominadas como máximas pendientes agrícolas tolerable y recomendable (5% y 2% respectivamente). El área que comprende inclinaciones mayores a 5% va a corresponder a pendientes no agrícolas, cuya erosión potencial es mayor, por lo que requieren una cobertura más efectiva como puede ser la natural o bien frutales, pastos o cafetal, que de acuerdo a su sistema radicular y grado de perennidad ofrece una mayor protección que cualquier cultivo anual. La influencia de la pendiente sobre los volúmenes de erosión como tales se puede considerar aritmética, esto es, hay una relación directa, desde luego dentro de los rangos considerados como seguros (ver inciso 3.5.6). Es importante hacer notar que la protección que ofrece un determinado cultivo al suelo de acuerdo a la pendiente en las gráficas ya considera el grado de erosividad y erodabilidad del suelo medias para las unidades en estudio (y ello explica la gran diferencia de los volúmenes de suelo para una misma pendiente en las tres unidades) y no se sugiere cultivo alguno, pues para ello es indispensable el considerar entre otros factores los requerimientos climáticos, edáficos y tecnológicos de los propios cultivos.

Una representación más clara de la influencia de la pendiente en la pérdida de suelo se aprecia en la figura 13, donde considerando invariables las características físicas concernientes a la erosividad y la erodabilidad de la unidad 2703 (utilizada como piloto) es posible comparar la diferente efectividad en la protección del suelo por parte de diferentes cultivos.

De igual manera es posible observar el comportamiento de la erosión bajo diferentes condiciones físicas haciendo variar de manera independiente los parámetros correspondientes a la lluvia,

el suelo y el tipo y grado de cobertura (figuras 14, 15 y 16), utilizanco para ello como área pilote la misma unidad 2703.

En la figura 14 se puede apreciar la influencia exponencial que tiene la lluvia máxima en 24 horas en el suelo perdido por erosión hídrica, habiendo considerado como pendiente de referencia 2% correspondiente al máximo valor agrícola recomendable. La proporción en el volumen removido que guardan entre sí cuatro usos del suelo (pastizal, frijol, maíz y suelo desnudo) esta en función a la protección ofrecida por los mismos, mostrada en la tabla 5. Se aprecia una gran erosividad del cultivo de maíz y frijol debido a sus características fenológicas a lo largo del año que incluyen una época (de 3 meses o más) cuando menos de suelo desprotegido. El suelo desnudo como tal no ofrece resistencia alguna a la erosión, pero debido a la tasa de recuperación natural del mismo y a la acumulación de sedimentos (Lewis y Lepele, 1982), el factor C correspondiente es 0.45 y no 1. La curva correspondiente al pastizal indica el grado de efectividad del mismo en la protección del suelo debida al sistema radical (estolones) que retiene a éste durante todo el año; aquí en cambio, el factor nunca es cero, debido a que la erosión geológica natural va a estar actuando siempre, aunque sea en mínimo grado. Es importante recordar que la tasa de recuperación del suelo en condiciones naturales nunca excede de 12 tm/ha/año, lo cual puede servir de referencia para los volúmenes removidos.

La influencia en el volumen de suelo perdido de la erodabilidad y de diferentes suelos en cuanto a textura se muestra en la figura 15, donde se han representado cuatro suelos típicos de la Región cuyas características texturales medias son las siguientes (Portilla, 1980):

Suelo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
Aluvial	74.7	20.0	5.4	Franco arenosa-areno francosa
Andosol	51.2	38.3	11.0	Franca
Arenosol	92.2	6.0	1.8	Arenosa
Rendzina	34.0	32.0	33.6	Franco-arcillosa

La fórmula considerada para el cálculo del factor K (ver inciso 3.5.3) considera una constante (12) a la cual se resta el porcentaje de materia orgánica de la capa superior del suelo, constituyendo la diferencia un factor para la obtención de K, lo cual explica la pendiente uniforme de la influencia de la materia orgánica en la figura 15. Teóricamente un suelo con 12% de materia orgánica tendría una erodabilidad de cero, sin embargo, la capa superficial del mismo (no considerando el horizonte A_{00}) difícilmente alcanza tal porcentaje, además que el efecto de cohesión no abate totalmente la erosión sino que la acerca asintóticamente a cero, al considerar los efectos de la estructura y la permeabilidad. En cuanto a la diferencia de la erosión hídrica merced a la influencia de la textura para los diferentes suelos puede explicarse por la acción de la cohesión de la fracción arcillosa (en el caso de la rendzina) que ofrece mayor resistencia a la erosión que en un suelo franco tipo (andosol), siendo aún mayor la resistencia conforme aumenta la fracción arena (aluvial y arenosol) por la dificultad de escurrimiento en esa granulometría y facilidad a la permeabilidad de los macroporos existentes en esa textura (ver inciso 3.5.3).

Aunque ya en gráficas anteriores se ha mostrado la influencia de los factores de la USLE y el grado de sensibilidad de éstos generalmente referidos a diferente cobertura, es en la figura 16 donde puede apreciarse la importancia de este elemento en la ecuación, pues se comparan las coberturas a nivel

superficial y pisos vegetales, habiendo considerado convencionalmente pasto y un piso de hierbas altas o arbustos pequeños (correspondientes a doseles de varios cultivos de escarda) respectivamente. Cuando menos en teoría en los cultivos no existe protección a nivel superficial, pues se han limpiado las arvenses para evitar la competencia con el cultivo principal, por lo que se acentúa la influencia de la lluvia sobre el suelo en gran parte del ciclo agrícola. Fue considerando las diferentes etapas de desarrollo de los cultivos (estadios fenológicos) que se pudo calcular el grado de protección que ofrecen éstos a la erosión (Marten, 1980). En la figura 16 se muestra en el eje de las ordenadas el volumen de suelo perdido bajo diversos grados de protección con un piso vegetal de hierbas altas referido a las condiciones medias de la unidad 2703 cuando se carece totalmente de protección superficial que abate en forma exponencial esos volúmenes conforme aumenta en porcentaje, tendiendo a disminuir la influencia del dosel, por lo cual se desprende la mayor importancia del primero en la protección del suelo. En base a esto, pueden planearse políticas de conservación del recurso suelo, en diferentes condiciones, mas aún considerando la pendiente. Cuando se desea saber el valor del factor C, principalmente de la vegetación natural es muy práctico el uso de la tabla 4.

6. DISCUSION

- Se ha presentado la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo como una herramienta en la planeación regional que permite obtener valores cuantitativos de erosión como Indices de fragilidad ambiental.
- El uso de este tipo de ecuaciones basa su confiabilidad en una gran cantidad de cálculos de volúmenes de suelo perdido confrontados con los valores obtenidos en parcelas experimentales y directamente en campo, que arrojaron altas correlaciones con los parámetros considerados. Este gran número de valores en diversos escenarios garantizan la aplicabilidad de la USLE en un rango amplio de condiciones climáticas, aunque debe tenerse presente que una inadecuada evaluación de los parámetros considerados para su ingreso en el modelo, resultará en desviaciones en la cuantificación final.
- Aunque las condiciones originales para las cuales fue desarrollada la USLE corresponden a las imperantes en el este de Estados Unidos, se han realizado una serie de adaptaciones a países tropicales y montañosos como Zimbabwe y Africa Ecuatorial que han permitido hacer una adecuada planeación del uso del suelo del tipo de la tabla 13 que garantiza un aprovechamiento óptimo del recurso por un tiempo prolongado. Estas adecuaciones son necesarias si se pretende aplicar la USLE en las condiciones mencionadas en último término pues a pesar de su nombre no se recomienda su uso en forma indiscriminada.
- Esta adecuación de la Ecuación a condiciones similares a las de México con resultados favorables sugieren la factibilidad de su uso en este país, previas experimentaciones bajo diversas

condiciones climáticas y topográficas. Este tipo de trabajo a nivel racional se ha iniciado hace relativamente poco tiempo por organismos oficiales como el Colegio de Posgraduados (S.A.R.H., 1979), pero sólo a nivel microrregional.

- La aplicación de la USLE en condiciones lo suficientemente heterogéneas y relativamente pequeñas para una mayor versatilidad es perfectamente posible en la Región Xalapa que comprende una amplia gama de ambientes climáticos, yendo desde fríos y semiáridos, hasta francamente tropicales.
- El cálculo de volúmenes de suelo perdido por unidades ambientales homogéneas permite una buena correlación entre el comportamiento del fenómeno (volumen de suelo perdido) y los factores físicos involucrados.
- La elaboración de gráficas del tipo de las mostradas en las figuras 10 a 13 permiten predecir la repercusión que tendría un uso determinado de suelo en la conservación del recurso al crear una serie de escenarios hipotéticos donde la pendiente corresponde a la variable independiente.
- De igual manera, se puede determinar el adecuado uso de diversas asociaciones de cultivos de acuerdo a la protección que ofrecen sus coberturas combinadas a diferente piso vegetal considerando también la fragilidad del suelo en cuestión por sus características texturales y la fuerza erosiva de la lluvia como se aprecia en las figuras 13 a 16.
- La elaboración de este tipo de escenarios y sus correspondientes análisis sólo son confiables cuando se encuentran respaldados por la homogeneidad de áreas naturales de estudio, por lo que se enfatiza la importancia de la creación de clasificaciones regionales o nacionales de este tipo y la uniformización de las

ya existentes, entre las que se incluyen las de tipo fisiográfico como la de Sistemas y Paisajes terrestres, cuya estructura jerárquica permite un sistema de análisis bastante versátil.

- La posibilidad de creación de una serie de combinaciones hipotéticas, principalmente de los factores culturales de la USLE (implicando un aspecto dinámico) con una determinación previa de la erosión potencial intrínseca de las unidades de estudio como un primer paso en la planificación regional, confrontada con el mapeo de áreas con igual grado de erosión (clasificación cualitativa de tipo estático, pues considera el comportamiento del fenómeno a lo largo de un año a lo sumo) representa la diferencia fundamental entre las metodologías de cuantificación e inventario respectivamente.
- Sin embargo, para la aplicación de la USLE bajo diversas condiciones se requiere una base de datos abundante y lo suficientemente confiable que garantice resultados también confiables y su utilización a diferentes escalas y con distintos objetivos.
- Un banco de datos de este tipo es el banco de erosión, cuya creación y desarrollo se ha planteado en el programa de investigación que enmarca este trabajo reafirmando la importancia de la posesión de ciertos parámetros físicos como lluvia máxima en 24 horas, textura de suelo y longitud e inclinación de pendiente y justificando la de otros como permeabilidad y estructura del suelo y existencia, ubicación y tipo de prácticas conservacionistas.
- Se sugiere además la continuación de este trabajo mediante la simulación de erosión hídrica y su cuantificación en campo, determinando simultáneamente la protección que ofrecen los

cultivos o sistemas de ellos, que varía (aunque no substancialmente) de región a región por los distintos patrones pluviales de las mismas. Lo anterior es con el fin de comprobar la confiabilidad de la USLE y el estudio a una escala mayor con su correspondiente difusión.

- Es muy importante también la consideración y aplicación de la Ecuación para erosión eólica (Wind Erosion Equation) desarrollada por Chopin y Woodruff en 1963 (Briggs y France, 1981) previa afinación y su complementación con la USLE sobre todo en zonas críticas como las semiáridas así como las templadas y cálidas que ya presentan gran influencia del viento por la desprotección de la cobertura vegetal.
- De igual manera, es necesario recalcar la orientación estrictamente metodológica de este estudio que no sugiere una aplicación masiva de la USLE sino, mediante la elaboración de una serie de modelos matemáticos de simulación que permitan mediante su implementación a mediana escala constituirlos en una verdadera herramienta en la planeación regional.
- Como paso siguiente y con el fin de probar la validez de la Ecuación se plantea como se mencionó anteriormente la comprobación de los valores estimados mediante trabajos de simulación de lluvia bajo diversas combinaciones de suelo, pendiente y cobertura y aún más, la confrontación de los volúmenes obtenidos con las caracterizaciones cualitativas de las clases definidas en los inventarios de áreas erosionadas (S.A.R.H., 1979) con el fin de complementar ambos tipos de metodologías orientadas hacia la planificación regional del país.

7. CONCLUSIONES

En resumen puede mencionarse que la utilización de la Ecuación Universal en México conlleva una serie de aspectos necesarios como los siguientes:

- a) La ordenación y enriquecimiento de una base de datos confiable y representativa a nivel nacional y regional de tipo climático, edáfico, topográfico y de uso del suelo considerando de manera especial datos de precipitación, características físicas del suelo, grado y longitudes medias e individuales de pendiente de parcelas, características fenológicas de cultivos y asociaciones de ellos, dinámica de crecimiento de la vegetación natural y existencia y características de prácticas conservacionistas implementadas.
- b) La obtención de una serie de modelos matemáticos de los factores considerados de la Ecuación por regiones con características naturales y culturales apoyados en observaciones de campo.
- c) El grado de confianza de las estimaciones por medio de la Ecuación es mayor dentro de un rango de características estándares (descritas más ampliamente en el inciso 3.5.1) por lo que las relaciones obtenidas (fórmulas matemáticas por cada factor) deben estar referidas a éstas; de esta manera deben obtenerse (o verificar su eficiencia) grados de erosividad de la lluvia, erodabilidad del suelo y grado de protección de la vegetación al año o por ciclos agrícolas.
- c) Apoyando y completando los modelos matemáticos elaborados debe determinarse en forma estadísticamente representativa en

cuanto a densidad y ubicación en área y número de años la cuantificación directa en campo de volúmenes de suelo perdido por erosión hídrica.

- e) Ya conocidas las relaciones entre los factores de la Ecuación y el grado de confianza de los cálculos es posible determinar la erosión potencial en áreas sin verificación en campo conociendo tan sólo los datos requeridos para la resolución de la Ecuación y con ello ayudar a la planeación del uso óptimo de la tierra a largo plazo a nivel parcela o región.

8. REFERENCIAS

8.1 Bibliográficas.

- Abril-Noguer-Rizzoli (1972). GEOGRAFIA UNIVERSAL ILUSTRADA. Ed. Noguer. Barcelona. Tomo III:351-356.
- Arias R., H.M. (1980). EL FACTOR R DE LA ECUACION UNIVERSAL DE PERDIDA DE SUELO EN LA CUENCA DEL RIO TEZCOCO. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Chapingo; Méx. 30-43.
- Arnoldus, H.M.J. (1977). PREDICTING SOIL LOSSES DUE TO SHEET AND RILL EROSION. "Guidelines for Watershed Management". FAO Conservation Guide 1. FAO. Roma. 99-118.
- Bassols B., A. (1978). GEOGRAFIA, SUBDESARROLLO Y REGIONALIZACION. Ed. Nuestro Tiempo. México, D.F. 141-147.
- Briggs, D.J. y J. France (1982). MAPPING SOIL EROSION BY WIND FOR REGIONAL ENVIRONMENTAL PLANNING. "Journal of environmental management" 15, 159-168.
- Buol, S.W., F.D. Hole y R.J. McCracken (1981). GENESIS Y CLASIFICACION DE SUELOS. Ed. Trillas. México, D.F. 222-253.
- Civita, V. (Editor) (1975). EL MUNDO EN QUE VIVIMOS. Abril Cultural. Brasil. 77-88.
- Comisión Federal de Electricidad (C.F.E., 1981). REGISTROS MENSUALES DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS POR

ESTACION CLIMATOLOGICA. ENTIDADES DE PUEBLA Y VERACRUZ.
MÉxico, D.F.

- Derrual, M. (1966). GEOMORFOLOGIA. Ed. Ariel. Barcelona. 61-76.
- El-Swaify, S.A., E.W. Dangler & C.L. Armstrong (1979). SOIL EROSION BY WATER IN TROPICS: A STATE OF THE ART. Department of Agronomy and Soil Science. College of Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. Honolulu. 133-135.
- Espinoza R., J.M. (1981). IMPORTANCIA DE LA CONSIDERACION DE LA ESTRUCTURA Y LA PERMEABILIDAD EN EL FACTOR K (DE ERODABILIDAD) Y LA USLE EN GENERAL. Documento interno. INIREB. Xalapa, Ver. 6 pp.
- - - - - (1982). RELACION DE LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS LOCALIZADAS EN LA REGION XALAPA Y SU AREA PERIFERICA. Documento interno. INIREB. Xalapa, Ver.
- - - - - (1983). IMPORTANCIA Y GRADO DE IMPACTO DE LA EROSION (ENFASIS EN EL ESTADO DE VERACRUZ). Doc. no. 8330062. INIREB. Xalapa, Ver. 5 pp.
- Foster, G.R., D.K. McCool, K.G. Renard y W.C. Moldenhauer (1981). CONVERSION OF THE UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION TO SI METRICS UNITS. Washington, D.C. 355-360.
- Gerez F., P. (1982). HISTORIA DEL USO DEL SUELO EN LA ZONA SEMIARICA POBLANO-VERACRUZANA. Tesis de Licenciatura. UNAM. México, D.F. 51-55.
- Granados T., M. (1981). ESTACIONES CLIMATOLOGICAS EN LA REGION XALAPA. Documento interno. INIREB. Xalapa, Ver.

- - - - - (1982). USLE.FDR. Programa de computación. INIREB. Xalapa, Ver. 18 pp.
- Guerra P., F. (1980). FOTOGEOLOGIA. Fac. de Ingeniería. U.N.A.M., México. 150-160.
- Hudson, N. (1981). SOIL CONSERVATION. 2a. Ed. Cornell University Press. Ithaca, N.Y. 27-38.
- Koterba, M. y M.A. Lavin P. (1979). METODOLOGIA PARA LA CLASIFICACION DE CLIMAS DE LA REGION XALAPA. Informe Técnico. INIREB. Xalapa, Ver. 24-27.
- Lewis, D.T. y M.J. Lepele (1982). QUANTIFICATION OF SOIL LOSS AND SEDIMENT PRODUCED FROM ERODED LAND. "Soil Science Society of America Journal". 46:369-372.
- Marten, G.G. (1980). JUEGOS DE DECISION SOBRE EL USO DE LA TIERRA EN LA REGION XALAPA: DATOS BASE. Informe técnico. INIREB. Xalapa, Ver. 1-13.
- Ortiz C., M. (1980). ARIDISOLAS DE ILLESCAS, MUN. DE SANTO DOMINGO, S.L.P. Y SUS RELACIONES CON PHASEOLUS VULGARIS VAR. FLOR DE MAYO. Tesis de Licenciatura. UNAM. México, D.F. 4-8.
- Portilla O., E. (1980). SUELOS EN LA REGION XALAPA Y SU RELACION CON LA PRODUCTIVIDAD. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 20-27.
- Rey C., J.A. (1978). ESTIMACION DE LA ERODABILIDAD DE LOS TEPETATES EN LA CUENCA DEL RIO TEZCOCO EN BASE AL FACTOR K. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Méx. 9-30.

- Roose, E.J. (1976). USE OF THE UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION TO PREDICT EROSION IN WEST AFRICA. "Soil Erosion: Prediction and Control". Soil Conservation Society of America. Ankeny, Iowa. 60-74.

- Sancholuz, L.A. G.G. Marten y M.G. Zola B. (1981). TIPOS DE TIERRA PARA LA PLANIFICACION REGIONAL DEL USO DE LA TIERRA EN LA REGION XALAPA. "Biótica" 6(2). INIREB. Xalapa, Ver. 32 pp.

- S.A.R.F. (1977). MANUAL DE CONSERVACION DEL SUELO Y DEL AGUA. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Méx. 1-92.

- - - - - (1979). INVENTARIO DE AREAS EROSIONADAS EN EL ESTADO DE GUANAJUATO. Subsecretaría de Agricultura y Operación. Dirección General de Conservación del Suelo y Agua. México, D.F. 57 pp.

- - - - - (1981a). REGISTROS MENSUALES DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS POR ESTACION CLIMATOLOGICA. ENTIDADES DE PUEBLA Y VERACRUZ. Dirección General de Estudio. México, D.F.

- - - - - (1981b). RELACION DE ESTACIONES Y OBSERVATORIOS DE LA RED METEOROLOGICA NACIONAL; ESTADOS DE PUEBLA Y VERACRUZ. Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional. México, D.F.

- Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N., 1981). REGISTROS MENSUALES DE PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS POR ESTACION CLIMATOLOGICA. ENTIDADES DE PUEBLA Y VERACRUZ. México, D.F.

- Starker, L.A. (1977). THE DESERT. TIME-LIFE International. Países Bajos. 7-24.

ten Ræ, M. (1982). ESTUDIO DE EROSION EN LA CUENCA ALTA DEL RIO LA ANTIGUA, VERACRUZ. Doc. No. 8230179. INIREB. Xalapa, Ver. 45 pp.

- Wischmeier, W.H. & D.D. Smith (1978). PREDICTING RAINFALL EROSION LOSSES-A GUIDE TO CONSERVATION PLANNING. Agriculture Handbook No. 537. United States Department of Agriculture. Science and Education Administration. Diciembre 1978. Washington, D.C. 58 pp.

6.2 Cartográficas.

- Dirección General de Geografía (D.G.G., 1978). E14-836 AYAHUALULCO. Carta topográfica provisional. Esc. 1: 50 000. México, D.F.
- - - - - (1978). E14-846 COSCOMATEPEC. Carta topográfica provisional. Esc. 1:50 000. México, D.F.
- - - - - (1981). 14Q-f(10). COATZINTLA. Carta topográfica editada por la S.D.N. con división de AGEBS. Esc. 1: 100 000. México, D.F.
- - - - - (1981). 14Q-f(11-12). PAPANTLA-VEGA DE ALATORRE. Carta topográfica editada por la S.D.N. con división de AGEBS. Esc. 1:100 000. México, D.F.
- - - - - (1981). 14Q-i(1). TEZIUTLAN. Carta topográfica editada por la S.D.N. con división de AGEBS. Esc. 1:100 000. México, D.F.

- - - - - (1981). 14Q-i(2). JALAPA. Carta topográfica editada por la S.D.N. con división de AGEBS. Esc. 1:100 000. México, D.F.
- - - - - (1981). 14Q-i(3). ACTOPAN. Carta topográfica editada por la S.D.N. con división de AGEBS. Esc. 1:100 000. México, D.F.
- - - - - (1981). 14Q-i(4). HUAMANTLA. Carta topográfica editada por la S.D.N. con división de AGEBS. Esc. 1:100 000. México, D.F.
- - - - - (1981). 14Q-i(5). COATEPEC. Carta topográfica editada por la S.D.N. con división de AGEBS. Esc. 1:100 000. México, D.F.
- - - - - (1981). 14Q-i(6). VERACRUZ. Carta topográfica editada por la S.D.N. con división de AGEBS. Esc. 1:100 000. México, D.F.
- Secretaría de la Defensa Nacional (S.D.N., 1953). PAPANTLA-VEGA DE ALATERRE 14Q-f(11-12). Carta topográfica. Esc. 1: 100 000. México, D.F.
- - - - (1955). ACTOPAN 14Q-i(3). Carta topográfica. Esc. 1: 100 000. México, D.F.
- - - - (1955). HUAMANTLA 14Q-i(4). Carta topográfica. Esc. 1: 100 000. México, D.F.
- - - - (1960). COATZINTLA 14Q-f(10). Carta topográfica. Esc. 1: 100 000. México, D.F.

- - - - (1960). COATEPEC 14Q-i(5). Carta topográfica. Esc.
1: 100 000. México, D.F.
- - - - (1960). TEZIUTLAN 14Q-i(1). Carta topográfica. Esc.
1: 100 000. México, D.F.
- - - - (1967). JALAPA 14Q-i(2). Carta topográfica. Esc.
1: 100 000. México, D.F.
- - - - (1975). VERACRUZ 14Q-i(6). Carta topográfica. Esc.
1: 100 000. México, D.F.
- U.N.A.M. (1970). 14Q-IV PACHUCA. Carta climática. Esc.
1: 500 000. Instituto de Geografía. México, D.F.
- - - - - (1970). 14Q-VI VERACRUZ. Carta climática. Esc.
1: 500 000. Instituto de Geografía. México, D.F.

ANEXO 1. Clasificación fisiográfica de la Región Xalapa.

SISTEMAS TERRESTRES	PAISAJES	UNIDADES TERRESTRES	
1. Cofre de Perote	1) Cofre de Perote	1) Barranca	
		2) Ladera	
		3) Cresta roca	
	2) Parte baja	4) Barranca	
	Cofre de Perote	5) Ladera	
	3) Tembladeras-	6) Falda	
	Tenextepec	7) Ladera	
		8) Planos	
		9) Cárcavas y derrames	
		10) Abanicos	
4) Ixhuacán de los Reyes		11) Barranca	
		12) Ladera	
		13) Valle	
		14) Planos inclinados	
		15) Fondo	
	5) Cerro Tlaxalapa-	16) Barranca	
	Cerro Bola	17) Ladera	
		18) Cárcavas	
		19) Plano	
	2. Valle de Perote	6) Valle de Perote	20) Fondo
		21) Cárcavas y derrames	
		22) Faldas	
7) Las Vigas		23) Loma	
		24) Plan	
		25) Ladera	
		26) Fondo	
8) Abanicos aluviales		27) Abanico	
Perote		28) Cárcavas y derrames	
9) Malpaís Perote		29) Malpaís	
10) La Gloria		30) Fondos	
		31) Abanicos	
		32) Malpaís	
		33) Cerros	
		34) Cárcavas y derrames	
		35) Planos	
	3. Xalapa	11) Cerro San Juan	36) Cañada
			37) Crestas inclinadas
			38) Aluviones
			39) Varios
12) Xico		40) Pendiente	
		41) Ladera	
		42) Crestas y planaltos	
13) Acajete		43) Malpaís	
		44) Falda	
		45) Fondo	
14) Naolinco I		46) Pendiente	
		47) Pendiente suave	
		48) Plan	
		49) Pendiente	
	15) Naolinco II	50) Fondos	
		51) Pendiente	
		52) Crestas	
	16) Landero y Coss	53) Laderas	
		54) Crestas	
		55) Fondo	

	17) Xalapa	56) Ladera
		57) Fondo
		58) Cresta
		59) Macuiltépetl
		60) Varios
	18) Teocelo-Cosautlán	61) Banderilla
		62) Ladera
		63) Cresta
		64) Fondo
	19) Coatepec I	65) Barranca
		66) Llanos
		67) Bajadas
		Volcancillo
		68) Laderas
		69) Ríos
		70) Cresta
		71) Fondos
		72) Barrancas
		volcanes
	20) Coatepec II	73) Ladera
		74) Barranca
		75) Fondo
	21) Malpais	76) Malpais
		77) Coluviones
		78) Aluviones
		79) Barrancas
4. Dos Ríos	22) Barrancas Grandes- Cerro Gordo-Reforma	80) Cañada
		81) Cresta
		82) Fondo
	23) Tepetates	83) Cresta
		84) Cañada
		85) Fondo
	24) Barrancas Grandes- Alto Lucero Castillo	86) Cresta
		87) Cañada
		88) Fondo
		89) Malpais
5. Carrizal	25) Carrizal	90) Cresta
		91) Plan
		92) Cañada- Barranca
		93) Fondo
	26) Chavarrillo	94) Cañada- Barranca
		95) Cresta
		96) Plan
		97) Fondo
		98) Terraza
6. Sierra M. Dfaz	27) Manuel Dfaz	99) Barranca
		100) Ladera
		101) Mesa
		102) Plan
		103) Fondo
		104) Médano
		105) Laguna
7. Actopan-Antigua	28) Aluviones modernos	106) Plan
		107) Cauce
	29) Aluviones antiguos	108) Plan
		109) Cañada
	30) Chachalacas	110) Médano
		111) Fondo
		112) Cauce

FUENTE: Sancholuz, Marten y Zolá (1981).

ANEXO 2. Ejemplo de un tipo de tierra.

TIPO DE TIERRA:	Laderas templadas.
Superficie (ha):	23 245
Unidades que lo componen:	51, 39
Comentarios:	Laderas inclinadas, pero menos que Landerero y Coss y Cerro San Juan. Suelos profundos con posibilidades a resistir la erosión a que la somete la agricultura de escarda.
Nombre de los paisajes que aportan unidades:	Xalapa, Xico.
Rango de altitudes (m.s.n.m.):	1000 - 1250
Forma de relieve:	Convexo.
Porcentaje de pendientes:	$\bar{X} = 23.1$ $S = 1.8$
Suelos:	Latosoles pardo-amarillos
Profundidad del suelo a la roca madre (m):	$\bar{x} = 4.3$ $S = 0.1$
Profundidad del horizonte orgánico:	20-30 cm
Pedregosidad (%):	$\bar{X} = 5.4$ $S = 1.2$
Materia orgánica (%):	$\bar{X} = 33.26$ $S = 21.45$
Textura (% Arena-Limo-Arcilla):	Franco (47.1 - 35.3 - 17.0)
Uso agrícola:	Mafz, algo de caña de azúcar.
Superficie agrícola (ha):	2089
Pastizales:	Gramas amargas, Estrella, Pangola, Kikuyo.
Superficie bajo pastos (ha):	3063
Uso forestal:	Bosque caducifolio (Liquidambar, Carpinus, Ostrya). Encinares de mediana altitud (Q. Peduncularis, Polymorpha). Mucho acahual.
Superficie con bosque o acahual (ha):	15 608
Uso frutal:	Café y algo de cítricos en Xalapa.
Superficie bajo frutales (ha):	2483
Evapotranspiración potencial (mm anuales):	$\bar{X} = 615$ $S = 17$
Factor R de erosividad (MJ x mm)/(ha x hora x año):	264
Productividad (tm/ha):	$\bar{X} = 17$ $S = 0.8$
Problemas varios:	Fijación de fósforo, pH ácido.

ha = Hectáreas.
 tm = Toneladas métricas.
 MJ = Megajoules.
 \bar{X} = Media aritmética.
 S = Desviación estándar muestral.

FUENTE: Sancholuz, Marten y Zolá (1981).

ANEXO 3. Areas geomunicipales comprendidas
en la zona de estudio.

Area Geomunicipal	Superficie (km2)
(*) Actopan	816.3
(*) Alto Lucero	691.2
(*) Perote	616.2
(*) Emiliano Zapata	422.5
(*) Xico	216.5
(*) Coatepec	167.7
(*) Xalapa	142.0
(*) Ixhuacán	114.0
(*) Ursulo Galván	113.6
(*) Profr. R. Ramirez	107.8
(*) Tepetlán	104.0
(*) Jalcomulco	92.6
(*) Ayahualulco	75.9
(*) Naoлинco	75.3
(*) Teocelo	69.6
(*) Acajete	62.9
(*) Tlalnahuayocan	60.5
(*) Cosautlán	59.9
(*) Jilotepec	48.8
(*) Villa Aldama	48.3
(*) Tonayán	46.0
(*) Apzapan	43.5
(*) Axocuapan	42.2
(*) Chiconquiaco	39.1
(*) Jalacingo	34.5
(*) Lafragua	29.2
(*) Coacoatzintla	25.1
(*) Acatlán	23.9
(*) Miahuatlán	23.1
(*) Tlacolulan	21.2
(*) Altotonga	19.0
(*) Landero y Coss	18.8
(*) Rafael Lucio	17.5
(*) Puente Nacional	15.9
(*) Tepeyahualco	13.8
(*) Banderilla	12.9
(*) Chilchotla	11.0
(*) La Antigua	7.3
(*) Tatatila	5.4
(*) Quimixtlán	3.6
(*) Juchique de Ferrer	3.6
(*) Misantla	3.5
(*) Las Minas	2.5
(*) Yecuatla	2.1
(*) Vega de Alatorre	0.6

(*) Incluida íntegramente o en su mayor parte
en el área de estudio.

ANEXO 4. Relación de las estaciones climatológicas localizadas en la Región Xalapa y su área de influencia.

Estaciones climatológicas ubicadas dentro de la Región.

CLAVE	CRG.	NOMBRE	MUNICIPIO	COORDENADAS	
				LAT.	LONG.
30-003	SARH	ACTOPAN	Actopan	19° 30'	96° 37'
30-007	SARH	ALMOLONGA	Naolinco	19° 35'	96° 48'
30-015	CFE	BELLA ESPERANZA	Coatepec	19° 26'	96° 52'
30-021	SARH	CARRIZAL	E. Zapata	19° 20'	96° 38'
30-024	CFE	CERRO COLORADO	Apazapan	19° 21'	96° 42'
30-026	SARH	COATEPEC	Coatepec	19° 27'	96° 57'
30-040	SARH	CHICONQUIACO	Chiconquiaco	19° 44'	96° 48'
30-057	CFE	EL ZETAL	Actopan	19° 32'	96° 40'
30-068	SARH	ICOLLOS	Actopan	19° 24'	96° 32'
30-075	SMN	JALAPA ENRIQUEZ	Xalapa	19° 32'	96° 55'
30-076	CFE	JALCOMULCO	Jalcomulco	19° 20'	96° 45'
30-085	CFE	LA TEMBLADERA	Xico	19° 31'	97° 06'
30-087	SARH	LAS ANIMAS	Xalapa	19° 31'	96° 52'
30-097	CFE	LOS PESCADOS	Perote	19° 34'	97° 06'
30-112	SARH	MOZOMBA	Actopan	19° 30'	96° 27'
30-114	SARH	NAOLINCO DE V.	Naolinco	19° 39'	96° 52'
30-126	SARH	PASO DEL CERRO	Actopan	19° 32'	96° 22'
30-129	SARH	PEROTE	Perote	19° 34'	97° 15'
30-139	CFE	PUNTA LIMON	Alto Lucero	19° 44'	96° 24'
30-140	SARH	RANCHO VIEJO	Emiliano Zapata	19° 27'	96° 47'
30-141	SMN	RINCONADA	Emiliano Zapata	19° 21'	96° 33'
30-157	CFE	STA. MA. TATETLA	Jalcomulco	19° 17'	96° 43'
30-158	SARH	SANTA ROSA	Actopan	19° 27'	96° 28'
30-175	SARH	TEMBLADERAS	Xico	19° 30'	97° 07'
30-178	SARH	TENEXTEPEC	Perote	19° 29'	97° 15'
30-179	SMN	TEOCELO	Teocelo	19° 23'	96° 58'
30-186	SARH	TOTALCO	Perote	19° 35'	97° 20'
30-195	CFE	VILLA E. ZAPATA	Emiliano Zapata	19° 29'	96° 47'
30-198	SARH	ZALAYETA	Perote	19° 26'	97° 23'
30-199	SARH	ZEMPDALA	Ursulo Galván	19° 27'	96° 25'
30-209	CFE	IXHUACAN DE R.	Ixhuacán	19° 22'	97° 08'
30-211	SMN	LAS VIGAS	Prof. R. Ramirez	19° 39'	97° 06'
30-222	SARH	SANTA ANA	Alto Lucero	19° 51'	96° 31'
30-228	SARH	JALAPA ENRIQUEZ	Xalapa	19° 32'	96° 55'
30-241	SARH	MIRADORES	Emiliano Zapata	19° 28'	96° 46'
30-243	CFE	LAGUNA VERDE	Alto Lucero	19° 45'	96° 24'
30-257	SMN	U. GALVAN ETA 155	Ursulo Galván	19° 25'	96° 22'
30-266	SARH	EL DIAMANTE	Actopan	19° 27'	96° 32'
30-267	SARH	LA CONCEPCION	Jilotepec	19° 36'	96° 53'
30-275	SARH	COSAUTLAN DE C.	Cosautlán	19° 19'	96° 59'
30-336	SARH	IXHUACAN	Ixhuacán	19° 22'	97° 08'
30-338	SARH	ACATLAN	Acatlán	19° 42'	96° 50'
30-339	SARH	CERRO GORDO	Emiliano Zapata	19° 25'	96° 40'

Estaciones climatológicas periféricas ubicadas al norte de la Región (Veracruz).

CLAVE	CRG.	NOMBRE	MUNICIPIO	COORDENADAS	
				LAT.	LONG.
30-008	SARH	ALTOTONGA	Altotonga	19° 45'	97° 15'
30-012	SMN	ATZALAN	Atzalan	19° 48'	97° 13'
30-054	SARH	EL RAUDAL	Nautla	20° 09'	96° 43'

30-060	SMN	FANAL DE NAUTLA	M. de la Torre	20° 14'	96° 47'
30-062	SARH	FCO. SARABIA	Misantla	20° 02'	96° 57'
30-073	SMN	JUCHIQUE DE F.	Juchique de F.	19° 51'	96° 42'
30-074	SMN	JALACINGO	Jalacingo	19° 49'	97° 19'
30-089	CFE	LAS MINAS	Las Minas	19° 41'	97° 08'
30-102	SARH	MTZ DE LA TORRE	M. de la Torre	20° 04'	97° 03'
30-108	SMN	MISANTLA	Misantla	19° 56'	96° 50'
30-135	CFE	PUENTE ENRIQUEZ	Tlapacoyan	19° 56'	97° 12'
30-153	SARH	SAN RAFAEL	M. de la Torre	20° 12'	96° 52'
30-191	SARH	VEGA-ALATORRE	V. de Alatorre	20° 02'	96° 38'
30-213	SMN	MTZ DE LA TORRE	M. de la Torre	20° 04'	97° 03'
30-252	SMN	NAUTLA	Nautla	20° 12'	96° 46'
30-306	SARH	PLAN DE HAYAS	Juchique de F.	19° 47'	96° 39'

Estaciones climatológicas periféricas
ubicadas al sur de la Región (Veracruz).

CLAVE	CRG.	NOMBRE	MUNICIPIO	COORDENADAS	
				LAT.	LONG.
30-010	CFE	AMATITLA	Axocuapan	19° 17'	96° 58'
30-047	CFE	EL COYOL	Comapa	19° 07'	96° 42'
30-050	SARH	EL FAISAN	Paso de Ovejas	19° 18'	96° 22'
30-093	SARH	LOMA FINA	Paso de Ovejas	19° 16'	96° 25'
30-137	CFE	PUENTE NACIONAL	Puente Nacional	19° 20'	96° 29'
30-165	SARH	TAMARINDO	Puente Nacional	19° 21'	96° 29'
30-177	CFE	TENAMPA	Tenampan	19° 15'	96° 53'
30-187	SARH	TOTUTLA	Totutla	19° 13'	96° 57'
30-193	SARH	VILLA J. CARDEL	La Antigua	19° 23'	96° 23'
30-231	CFE	SAN JOAQUIN	Altotonga	19° 47'	97° 05'
30-247	CFE	TLACOTEPEC	Tlacotepec	19° 12'	96° 50'

Estaciones climatológicas periféricas
ubicadas al oeste de la Región (Puebla).

CLAVE	CRG.	NOMBRE	MUNICIPIO	COORDENADAS	
				LAT.	LONG.
21-011	CFE	ATEXCACO	Hueyapan	19° 56'	97° 25'
21-014	CFE	AYOTOXCO	Ayotoxco de Gro	20° 06'	97° 25'
21-017	SARH	CACALOTEPEC	Lafragua	19° 14'	97° 17'
21-025	CFE	CHILCHOTLA	Chilchotla	19° 15'	97° 11'
21-028	CFE	COL.FCO.MADERO	Cuyoaco	19° 37'	97° 30'
21-029	SARH	COL.TEMEXTLA	Cuyoaco	19° 37'	97° 38'
21-038	SARH	EL PROGRESO	Gpe. Victoria	19° 23'	97° 18'
21-040	SARH	GPE. BUENAVISTA	Gpe. Victoria	19° 22'	97° 22'
21-052	SARH	ALCHICHICA	Tepeyahualco	19° 24'	97° 24'
21-054	CFE	LA FUNDICION	Teziutlán	19° 51'	97° 19'
21-055	CFE	LA PAGODA	Tlatlauquitepec	19° 51'	97° 32'
21-056	CFE	LA TRINIDAD	Chilchotla	19° 17'	97° 13'
21-059	SARH	DYAMELES	Tlatlauquitepec	19° 42'	97° 33'
21-067	CFE	QUIMIXTLAN	Quimixtlán	19° 15'	97° 08'
21-074	CFE	SN JUAN ACATENO	Teziutlan	19° 53'	97° 22'
21-077	SARH	SN LUIS ATEXCAC	Gpe. Victoria	19° 20'	97° 27'
21-089	SARH	TEPEYAHUALCO	Tepeyahualco	19° 29'	97° 29'
21-090	CFE	TEZIUTLAN	Teziutlán	19° 49'	97° 21'
21-091	SMN	TEZIUTLAN	Teziutlán	19° 49'	97° 21'
21-095	SMN	TLACHICHUCA	Ilachichuca	19° 07'	97° 25'
21-098	CFE	TLATLAUQUITEPEC	Tlatlauquitepec	19° 52'	97° 30'
21-105	SARH	ZACATEPEC	Oriental	19° 16'	97° 32'
21-117	SARH	GPE. VICTORIA	Gpe. Victoria	19° 17'	97° 21'

21-119	SMN	LIBRES	Libres	19°28'	97°41'
21-122	SMN	ORIENTAL	Oriental	19°23'	97°37'
21-129	SARH	FCD. I. MADERC	Cuyoaco	19°37'	97°30'
21-143	SARH	SN JOSE ACATENO	Acateno	20°08'	97°12'

CLAVES:

CFE - Comisión Federal de Electricidad.
 SARH- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
 (Dirección General de Estudios).
 SMN - Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos
 (Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional).

FUENTES:

A) Documentos:

- Granados (1981).
- S.A.R.H. (1981b).

B) Cartografía:

- Dirección General de Geografía (1978). E14-B36 AYAHUALULCO Y E14-B46 CCSCOMATEPEC.
- Dirección General de Geografía (1981). 14Q-f(11-12) PAPANTLA-VEGA DE ALATORRE, 14Q-i(1) TEZIUTLAN, 14Q-i(2) JALAPA, 14Q-i(3) ACTOPAN, 14Q-i(4) HUAMANTLA, 14Q-i(5) COATEPEC Y 14Q-i(6) VERACRUZ.
- UNAM (1970). 14Q-IV PACHUCA Y 14Q-VI VERACRUZ.

ANEXO 5. Valores medios de K por tipo de tierra.

CLAVE	TIPO DE TIERRA	LIMO (%)	ARENA (%)	MATERIA ORG. (%)	FACTOR K (#)
01	Fondo templado	37	44	8	0.15
02	Ladera templada	38	48	8	0.15
03	Cresta templada	33	54	11	0.13
04	Plano inclinado	38	50	10	0.15
05	Pendiente fuerte	35	45	8	0.13
06	Escarpas cerros	-	-	5	-
07	Plano Las Vigas	28	57	4	0.15
08	Loma Las Vigas	34	51	6	0.13
09	Ladera Las Vigas-Ixh.	29	61	3	0.19
10	Plano semicálido hum.	27	61	4	0.15
11	Ladera semicálida hum.	23	67	8	0.09
12	Barranca semicálida hum.	31	54	5	0.15
13	Malpaís templado	37	53	9	0.17
14	Malpaís semicalido	40	45	4	0.23
15	Cresta tepetate	23	67	2.4	0.15
16	Fondo tepetate	28	44	2.2	0.15
17	Cañada tepetate	-	-	-	-
18	Barranca semicálida	29	45	4	0.13
19	Cresta ondulada	25	55	4	0.12
20	Barrancas costeras	28	44	6	0.09
21	Laderas costeras	35	40	5	0.14
22	Cresta rendzinas	38	27	5.5	0.15
23	Plano rendzinas	29	35	3.2	0.11
24	Aluviones y terrazas	31	46	2.7	0.18
25	Médano	6	92	1.6	0.04
26	Laguna	32	44	5.5	0.12
27	Malpaís Perote	3	86	0.2	0.02
28	Falda Ayahualulco	10	81	0.5	0.08
29	Valle de Perote	24	67	3.1	0.15
30	Abanico Perote	29	61	2.3	0.20
31	Cárcavas y derrames	-	-	-	-
32	Plano Conejos	36	57	2.2	0.27
33	Cofre de Perote	-	-	-	-

(#) Valores expresados en $(\text{tm} \times \text{ha} \times \text{hora}) / (\text{ha} \times \text{MJ} \times \text{mm})$.

FUENTE: Marten (1980).

ANEXO 6. Valores medios de LS por tipo de tierra.

CLAVE	TIPO DE TIERRA	RANGOS DE PENDIENTE (%)	LONGITUD DE PENDIENTE (m)	FACTOR LS (Rangos)	FACTOR LS MEDIO
01	Fondo templado	3 - 5	100	3.6 - 1.2	0.9
02	Ladera templada	23 - 31	100	9.2 - 14.0	11.6
03	Cresta templada	39 - 7	50	0.4 - 1.1	0.7
04	Plano inclinado	7 - 15	100	1.5 - 4.7	3.1
05	Fendiente fuerte	43 - 50	50	14.6 - 18.0	16.3
06	Escarpas cerros	40 - 50	50	13.2 - 18.0	15.6
07	Plano Las Vigas	5 - 10	100	1.0 - 2.5	1.7
08	Loma Las Vigas	6 - 11	75	1.1 - 2.5	1.8
09	Ladera Las Vigas-Ixh.	7 - 33	100	11.6 - 18.6	16.1
10	Plano semicálido húm.	1 - 3	50	0.2 - 0.4	0.3
11	Ladera semicálida húm.	23 - 30	50	8.8 - 8.8	9.4
12	Parranca semicálida húm.	50 - 70	75	29.3 - 36.8	33.2
13	Malpais templado	7 - 15	100	1.5 - 4.7	3.1
14	Malpais semicálido	11 - 15	100	2.9 - 4.7	3.8
15	Cresta tepetate	5 - 11	75	0.8 - 2.5	1.7
16	Fondo tepetate	3 - 5	50	0.4 - 0.7	0.5
17	Cañada tepetate	23 - 30	50	6.1 - 8.8	7.4
18	Parranca semicálida	45 - 50	75	19.8 - 22.9	21.4
19	Cresta ondulada	5 - 7	100	1.0 - 1.5	1.2
20	Parrancas costeras	45 - 55	75	19.8 - 26.2	23.0
21	Laderas costeras	11 - 12	50	2.0 - 2.3	2.2
22	Cresta rendzinas	4 - 5	75	0.6 - 0.7	0.7
23	Plano rendzinas	1 - 2	100	0.3 - 0.4	0.3
24	Aluviones y terrazas	2 - 2	50	0.3 - 0.3	0.3
25	Médano	7 - 10	30	0.8 - 1.4	1.1
26	Laguna	5 - 5	75	0.8 - 0.8	0.8
27	Malpais Perote	7 - 10	75	1.2 - 2.2	1.7
28	Falda Ayahualulco	10 - 17	100	2.5 - 5.8	4.1
29	Valle de Perote	3 - 4	100	0.4 - 0.7	0.6
30	Abanico Perote	6 - 10	100	1.2 - 2.5	1.8
31	Cárcevas y derrames	3 - 8	50	0.4 - 1.3	0.8
32	Plano Corojos	0 - 2	100	0.1 - 0.4	0.3
33	Cofre de Perote	40 - 45	50	13.2 - 15.2	14.2

FUENTE: Marten (1980).

ANEXO 7. Volúmenes de erosión hídrica
por uso del suelo en la Región.

USO DEL SUELO	PERDIDA DE SUELO (tm/año)
Agrícola (cultivos anuales)	9 551 793
Pastizal	1 838 837
Frutal	295 994
Cafetal	119 676
Hédano desnudo	30 642
Cárcavas y derrames	12 379
Izotal	2 902
Cerro desnudo	2 511
Matorral	1 337
Total	11 856 021

**ANEXO 8. Regionalización de los tipos de tierra
por zonas climáticas.**

Zona	Tipos de Tierra que la integran					Superficie (km ²)
A (Fría y semiárida)	9, 31,	27, 32,	28, 33	29,	30,	923
B (Templada)	1, 6,	2, 7,	3, 8,	4, 13	5,	1008
C (Semicálida)	10, 16,	11, 17,	12, 18	14,	15,	1013
D (Cálida)	19, 24,	20, 25,	21, 26	22,	23,	1625

ANEXO 9. Volúmenes de suelo perdido por zonas climáticas.

Zona	Erosión potencial		Erosión actual	
	Total (tm/año)	Promedio (tm/ha/año)	Total (tm/año)	Promedio (tm/ha/año)
A (Fría y semiárida)	60 439 033	647.4	9 871 665	105.7
B (Templada)	56 417 113	553.3	3 830 966	37.6
C (Semicálida)	99 816 912	974.3	3 574 352	34.9
C (Cálida)	58 575 373	356.4	1 000 775	6.1
REGION XALAPA	275 248 431	578.7	18 409 975	38.7



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA