

MAPA NACIONAL DE EROSIÓN POTENCIAL

- María Alejandrina Leticia Montes-León •
 - Edgar Misael Uribe-Alcántara •
 - Efraín García-Celis •
- Agroasemex, S.A.*

Resumen

La erosión hídrica en México ocasiona un sinnúmero de problemas, como pérdida de tierras para cultivo, pérdida de nutrientes en la tierra, acumulación de material hacia zonas urbanas, azolvamiento de cauces y embalses, así como pérdida de capacidad en obras hidráulicas, entre otros. Este Mapa Nacional de Erosión Potencial se construyó utilizando la información más reciente, lo cual dará pie a identificar las zonas más susceptibles de sufrir el problema de la erosión potencial, y en las cuales pueden implementarse planes de conservación u otras medidas que mitiguen este efecto en los sitios donde la pérdida de suelo sea alta o extrema.

Palabras clave: erosión, arrastre, sedimento.

Introducción

La erosión acelerada del suelo por acción del agua trae consigo impactos ambientales tales como la perturbación en la regulación del ciclo hidrológico; bajos rendimientos en la producción agrícola y pecuaria; degradación de la cubierta vegetal; pérdida de la biodiversidad; disminución de la vida útil de las obras hidráulicas por la cantidad de sedimentos que transporta el agua; sedimentación en el lecho de los ríos, y desestabilización de laderas que favorecen las catástrofes, produciendo así pérdidas de seres humanos, daños a viviendas e infraestructura, y disminución de tierras agrícolas.

En México se han desarrollado diversos mapas de erosión (tal como el publicado en 1999 por Semarnat, en el Inventario Nacional de Suelos, y el publicado por Cenapred en 2001) y sin duda uno de los aspectos más importantes de estos es su propia actualización. En particular, se debe tomar en cuenta el cambio en el uso de suelo, pues es el principal factor que tiende a modificarse con el tiempo, debido

principalmente a la deforestación, inducción de pastizal o urbanización de las áreas que anteriormente eran espacios naturales.

Metodología

La determinación del mapa de erosión potencial se ha estimado para cada una de las 37 regiones hidrológicas que conforman el territorio mexicano de acuerdo con el cuadro 1 y la figura 1.

El riesgo de erosión o erosión potencial se define como el efecto combinado de los factores causales de la erosión (lluvia, escurrimiento, suelo y topografía) y aunque existen mapas diversos de erosión potencial en el ámbito nacional, se desconoce la metodología e información utilizada para su elaboración; por lo anterior, se trabajó en el desarrollo de un nuevo mapa con base en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (*USLE*, por sus siglas en inglés) (Wischmeier y Smith 1965, 1978). Las principales aportaciones en el desarrollo de este mapa se describen a continuación, en función de cada uno de los factores que conforman la *USLE*:

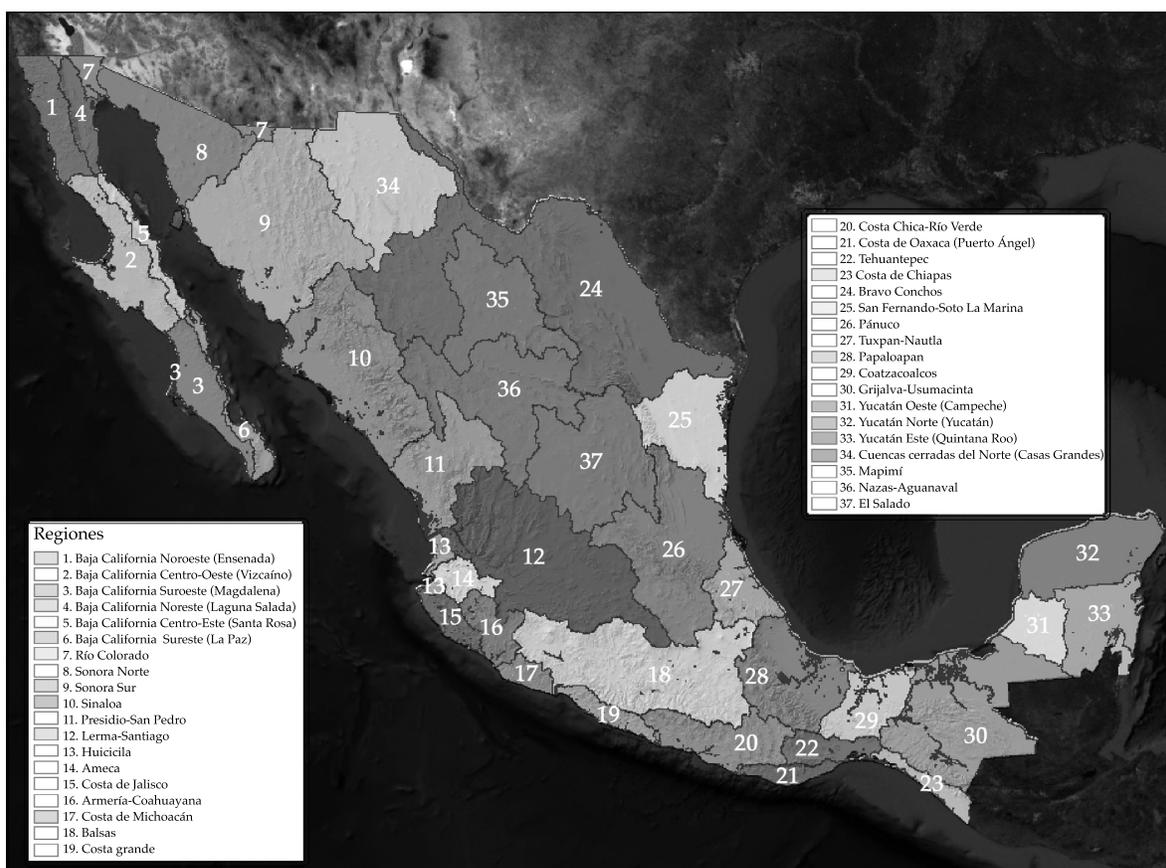


Figura 1. Mapa de las 37 regiones hidrológicas de la república mexicana.

Cuadro 1. Regiones hidrológicas de la república mexicana.

Núm.	Nombre de la región	Núm.	Nombre de la región
1	Baja California Noroeste (Ensenada)	20	Costa Chica y Río Verde
2	Baja California Centro-Oeste (El Vizcaíno)	21	Costa de Oaxaca (Puerto Ángel)
3	Baja California Sur-Oeste (Magdalena)	22	Río Tehuantepec
4	Baja California Noroeste (Laguna Salada)	23	Costa de Chiapas
5	Baja California Centro-Este (Sta. Rosalía)	24	Río Bravo-Río Conchos
6	Baja California Sur-Este (La Paz)	25	Ríos San Fernando y Soto La Marina
7	Río Colorado	26	Río Pánuco
8	Sonora Norte	27	Ríos Tuxpan y Nautla
9	Sonora Sur	28	Río Papaloapan
10	Sinaloa	29	Río Coatzacoalcos
11	Ríos Presidio y San Pedro	30	Ríos Grijalva-Usumacinta
12	Ríos Lerma y Santiago	31	Yucatán Oeste (Campeche)
13	Río Huicicila	32	Yucatán Norte (Yucatán)
14	Río Ameca	33	Yucatán Este (Quintana Roo)
15	Costa de Jalisco	34	Cuencas Cerradas del Norte (Casas Grandes)
16	Ríos Amería y Coahuayana	35	Mapimí
17	Costa de Michoacán	36	Ríos Nazas y Aguanaval
18	Río Balsas	37	El Salado
19	Costa Grande		

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

Donde:

- A = tasa de erosión anual (ton/ha.año).
 R = factor de erosividad de la lluvia (MJ.
 mm/ha.h).
 K = factor de erodabilidad del suelo (ton.h/
 MJ.mm).
 LS = factor topográfico longitud-pendiente.
 C = factor de vegetación y cultivo.
 P = factor de prácticas conservación.

Factor R

El factor R representa, para un área específica, la energía potencial de la lluvia y su escurrimiento asociado; es el factor de tipo climático que indica el potencial erosivo de las precipitaciones.

Normalmente este factor es determinado con los datos de lluvia, es decir, se obtiene la intensidad máxima de lluvia en treinta minutos consecutivos (I_{30}) y se determina la energía cinética asociada (E_c). El producto de ambas es la erosividad de la lluvia. Debido a la carencia de información relativa a la intensidad en periodos de tiempo tan cortos, se optó por la metodología descrita a continuación.

A partir de la Precipitación Media Anual (PMA) se aplicaron las ecuaciones de erosividad asociadas con las 14 diferentes regiones de la república mexicana (figura 2 y cuadro 2) determinadas por Cortés (Becerra, 1997).

La contribución más importante relativa a la estimación del presente factor consiste en el empleo del arreglo regular de precipitación de Agroasemex con datos diarios de 1979 a 2007 (Agroasemex, 2008), para la estimación de la

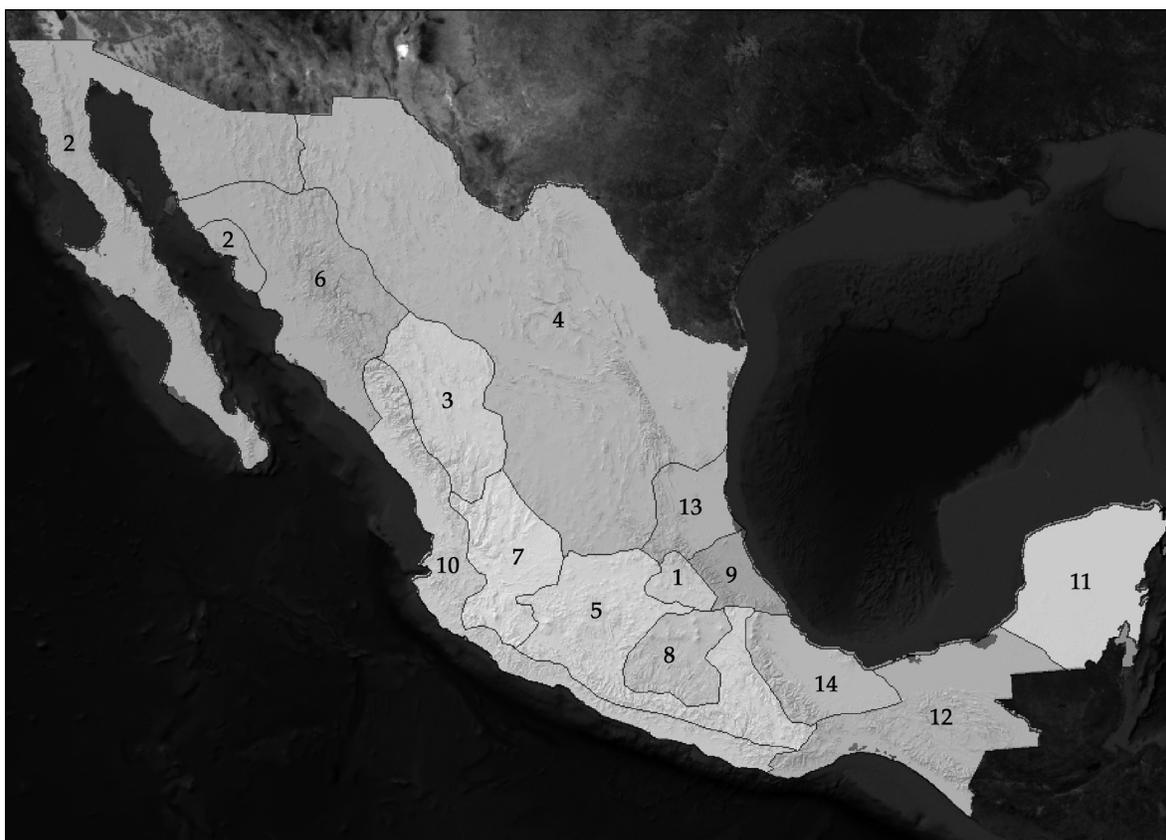


Figura 2. Regionalización nacional de factor R (Becerra, 1997).

Cuadro 2. Ecuaciones regionalizadas para la república mexicana (Becerra, 1997).

Región	Ecuación	R ²
1	$1.2078*P + 0.002276*P^2$	0.92
2	$3.4555*P + 0.006470*P^2$	0.93
3	$3.6752*P - 0.001720*P^2$	0.94
4	$2.8959*P + 0.002983*P^2$	0.92
5	$3.4880*P - 0.000188*P^2$	0.94
6	$6.6847*P + 0.001680*P^2$	0.90
7	$(-0.0334)*P + 0.0061*P^2$	0.98
8	$1.9967*P + 0.003270*P^2$	0.98
9	$7.0458*P - 0.002096*P^2$	0.97
10	$6.8938*P + 0.000442*P^2$	0.95
11	$3.7745*P + 0.004540*P^2$	0.98
12	$2.4619*P + 0.006067*P^2$	0.96
13	$10.7427*P - 0.001008*P^2$	0.97
14	$1.5005*P + 0.002640*P^2$	0.95

PMA. Dicho arreglo ha sido creado mediante la metodología de interpolación de Cressman. El método se basa en la corrección de un campo preliminar de precipitación modelada que es corregido a partir de los registros de precipitación (Cressman, 1959) presentes en la base de CLICOM y GASIR. El producto final consiste en un arreglo de datos diarios con resolución espacial de 20 km. A diferencia del método de polígonos de Thiessen, no es necesario seleccionar aquellas estaciones que tienen un registro largo para realizar análisis de variabilidad en el tiempo. Cressman permite aprovechar todos los registros encontrados en un día dado, sin importar la existencia de un registro histórico largo en las estaciones incluidas. Además, sus dimensiones son regulares, por lo cual se espera que el método ofrezca una mejor representación de la variabilidad espacial y temporal del campo de precipitación.

Factor K

El factor *K* indica el grado de susceptibilidad o resistencia de un horizonte específico del suelo a la erosión. La erodabilidad del suelo

es una propiedad compleja y se concibe como la facilidad con la cual es desprendido por: 1) el salpicado de las gotas durante un evento de lluvia, 2) el flujo superficial o 3) por la acción de ambos fenómenos. Sin embargo, desde un punto de vista más cuantitativo, la erodabilidad del suelo puede entenderse como el cambio en la pérdida de suelo por unidad de fuerza o energía externa aplicada (Montes, 2002).

La erodabilidad representa un valor promedio integral anual de la pérdida de suelo en respuesta a procesos de erosión e hidrológicos, entre los que destaca lo siguiente: el desprendimiento y transporte por el impacto de las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial; la depositación localizada debida a la topografía natural e inducida por las operaciones de labranza, y la infiltración del agua en el perfil del suelo.

Tradicionalmente, la metodología usada para la determinación de dicho factor es el nomograma de Wischmeier y Smith (figura 3), el cual toma en cuenta ciertas propiedades del suelo, como contenido de materia orgánica, contenido de arenas, contenido de limos, estructura y permeabilidad, entre otras.

Para el presente estudio y debido a que no se cuenta con información detallada y completa para el empleo de la metodología tradicional, se aplicó la metodología descrita a continuación, conocida como la metodología de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).

Para la determinación de este factor fue empleada la información edafológica más reciente del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI): Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250,000, Serie II (Continuo Nacional), que contiene información actualizada durante el periodo 2002-2006 (INEGI, 2007). Se emplea la clasificación de suelos del WRB (*World Reference Base for Soil Resources*), reporte número 84 (FAO, 2006), publicado por la Sociedad Internacional de las Ciencias del Suelo (SICS), del Centro Internacional de Referencia e Información de

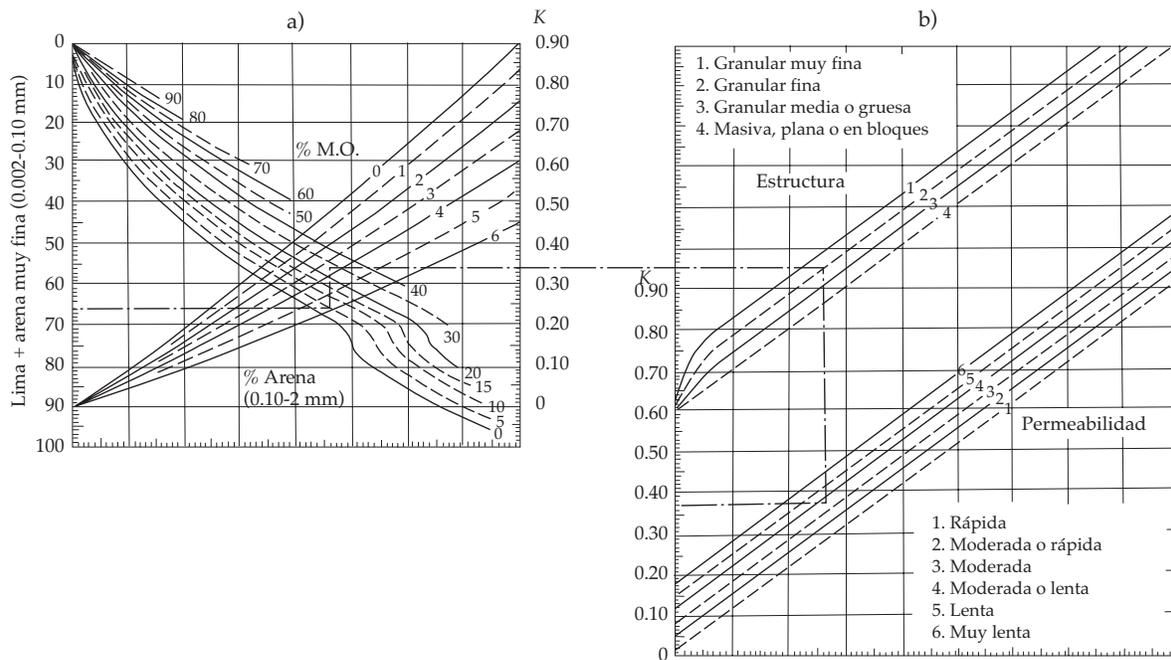


Figura 3. Nomograma de Wischmeier y Smith para el cálculo del factor K (Renard, 1997).

Suelos (ISRIC por sus siglas en inglés) y de la FAO, en Roma, Italia, en el año 1999, adaptado por el INEGI, para las condiciones ambientales de México.

Las características que se obtuvieron de esta información son tipo de suelo y textura.

De acuerdo con la clasificación del tipo de suelo y de su textura superficial (gruesa, media o fina), se le asigna el factor K, el cual está representado en el cuadro 3.

Factor LS

El efecto de la topografía sobre la erosión está representado por los factores: longitud (L) y grado de pendiente (S). La longitud L se define como la distancia desde el punto de origen de un escurrimiento hasta el punto donde decrece la pendiente, al grado de que ocurre una sedimentación o bien hasta el punto donde el escurrimiento, una vez concentrado, encuentra un canal de salida bien definido.

En general, el escurrimiento superficial se concentra en longitudes inferiores a 120 m, por lo que en muchas situaciones este valor constituye un umbral límite para los análisis de predicción de la erosión. En algunas ocasiones se usan pendientes hasta de 300 m, pero no se recomienda usar distancias mayores a ésta en *USLE*. Las longitudes de pendientes estimadas en mapas topográficos son normalmente muy largas, pues dichos mapas no tienen la resolución suficiente para indicar las áreas de flujo concentrado que determinarían las longitudes de pendiente. La figura 4 ilustra algunas longitudes típicas de pendientes.

El factor de grado de pendiente (S) refleja la influencia del ángulo de la misma en la erosión. La pendiente puede ser determinada usando mapas topográficos con curvas a nivel equidistantes, si se tiene el cuidado adecuado, o en el mejor de los casos, utilizando un *MDE* (Modelo Digital de Elevaciones).

Cuadro 3. Factor K, de acuerdo con el tipo de suelo de la clasificación desarrollada por la WRB.

Orden	Textura		
	G	M	F
AC	0.026	0.04	0.013
AL	0.026	0.04	0.013
AN	0.026	0.04	0.013
AR	0.013	0.02	0.007
CH	0.013	0.02	0.007
CL	0.053	0.079	0.026
CM	0.026	0.04	0.013
DU	0.053	0.079	0.026
FL	0.026	0.04	0.013
FR	0.013	0.02	0.007
GL	0.026	0.04	0.013
GY	0.053	0.079	0.026
HS	0.053	0.02	0.007
KS	0.026	0.04	0.013
LP	0.013	0.02	0.007
LV	0.026	0.04	0.013
LX	0.013	0.02	0.007
NT	0.013	0.02	0.007
PH	0.013	0.02	0.007
PL	0.053	0.079	0.026
PT	0.026	0.04	0.013
RG	0.026	0.04	0.013
SC	0.026	0.04	0.013
SN	0.053	0.079	0.026
UM	0.026	0.04	0.013
VR	0.053	0.079	0.026

Clasificación WRB	
Nombre	Símbolo
Acrisol	AC
Albeluvisol	AB
Alisol	AL
Andosol	AN
Anthrosol	AT
Arenosol	AR
Calcisol	CL
Cambisol	CM
Chernozem	CH
Cryosol	CR
Durisol	DU
Ferralsol	FR
Fluvisol	FL
Gleysol	GL
Gypsisol	GY
Histosol	HS
Kastanozem	KS
Leptosol	LP
Lixisol	LX
Luvisol	LV
Nitisol	NT
Phaeozem	PH
Planosol	PL
Plinthosol	PT
Podzol	PZ
Regosol	RG
Solonchak	SC
Solonetz	SN
Umbrisol	UM
Vertisol	VR

Para la determinación de este factor se utilizó el MDE escala 1:50,000, proporcionado por INEGI, en su versión más reciente y se construyó una malla con resolución de ~30 m. Se determinó primero el factor L y después el S , para finalmente obtener el producto de ambos, siguiendo la metodología de Renard, detallada a continuación:

$$L = \left(\frac{X}{22.13} \right)^m$$

Donde:

$$m = \beta / (1 + \beta).$$

$$\beta = (\text{sen } \theta / 0.0896) / [3(\text{sen } \theta)^{0.8} + 0.56].$$

θ pendiente del terreno.

M	Pendiente (θ)
0.5	> 5 %
0.4	3 – 5 %
0.3	1 – 3 %
0.2	< 1 %

Por otro lado, el factor S se evalúa de acuerdo con la expresión siguiente:

$$S = 10.8 \text{ sen } \theta + 0.03 \quad \theta \leq 9\%$$

$$S = 16.8 \text{ sen } \theta - 0.50 \quad \theta > 9\%$$

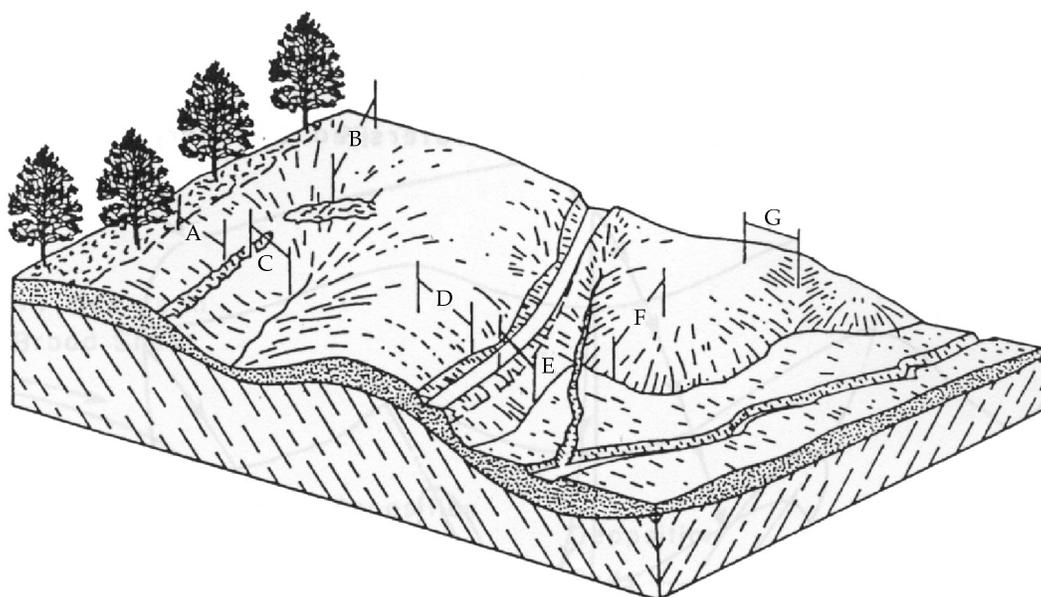


Figura 4. Formas típicas de determinar el factor *LS*: pendiente A) si un suelo de bosque no disturbado en la parte alta no produce escurrimiento superficial, el límite superior de la pendiente comienza en la orilla de éste y se extiende pendiente abajo hasta donde exista una condición de flujo concentrado; pendiente B) punto de origen del escurrimiento hasta una zona de flujo concentrado; pendiente C) de un punto a otro punto de concentración; pendiente D) del punto de origen del escurrimiento de una carretera que concentra el escurrimiento; pendiente E) de la carretera a una planicie de inundación donde ocurriría el depósito; pendiente F) en la nariz de un cerro desde el punto de origen del escurrimiento hasta la planicie de inundación; pendiente G) desde el punto de origen del escurrimiento hasta una ligera depresión donde se concentra el flujo (Renard, 1997).

Finalmente se realiza el producto *LS* para la obtención del resultado asociado con dicho factor (Renard, 1997).

Factor C

El factor *C* se asigna con el objeto de reflejar el efecto de la vegetación y las prácticas de manejo en las tasas de erosión. Se trata del factor usado con más frecuencia para comparar el efecto relativo de diferentes opciones de manejo en un plan de conservación. Dicho factor indica cómo el plan de conservación afectará la tasa promedio anual de erosión, y cómo la pérdida potencial de suelo se distribuirá en el tiempo durante las actividades de construcción, rotación de cultivos u otros esquemas de manejo, así como los cambios en el uso de suelo.

Para una condición estándar, es decir, sin cobertura vegetal y con barbecho continuo, la cual es extrema en cuanto a que representa las condiciones más favorables para la erosión, el valor de *C* es la unidad. A medida que la cobertura vegetal sea mayor, el valor de *C* es cada vez menor, por lo que el rango para este parámetro va de 0 (correspondiente a un terreno totalmente protegido) a 1.0 (para terrenos sin ninguna protección). Además de la vegetación activa, en el valor de *C* se toma en cuenta la presencia de residuos de plantas muertas, las raíces, los sistemas radiculares de los pastos y árboles, ya que todos estos elementos contribuyen a mantener al suelo en su sitio e incrementan la infiltración.

El coeficiente asociado con este factor será asignado de acuerdo con diversas bibliografías (Renard, 1997; Montes, 2002; Becerra 1997,

entre otras) y asociado con la información más reciente de INEGI de uso de suelo y vegetación, correspondiente a la Carta de Uso del Suelo y Vegetación 1:250,000 Serie III. Dicha carta contiene información geográfica de la condición de la vegetación de la república mexicana, actualizada al 2002-2003, y representa la tercera etapa en el seguimiento multitemporal de los cambios que ha sufrido el paisaje. Cada uno de sus conjuntos de datos digitales contiene información de la cubierta vegetal y uso agrícola, que fue obtenida a partir de la interpretación convencional de imágenes LandSat ETM, con 25 metros de resolución, tomadas a principios de 2002, y con apoyo de espaciomapas 2000, generados a partir de imágenes LandSat a 30 m, y respaldada con trabajos de campo en los años 2002, 2003 y principios de 2004 (INEGI, 2005). Esta cartografía de recursos naturales muestra la ubicación, distribución y extensión

de diferentes ecosistemas vegetales y sistemas agrícolas con sus respectivas variantes: tipos de vegetación, tipos de agricultura, e información ecológica relevante. En el cuadro 4 se presenta la relación del valor C para cada tipo de vegetación y/o uso de suelo.

Factor P

Por definición, el factor de práctica de soporte P en USLE es la tasa relativa de pérdida de suelo con una práctica específica con respecto a la pérdida de suelo correspondiente con un laboreo combinado, volteando el suelo pendiente arriba y pendiente abajo. Las prácticas de soporte afectan principalmente la erosión mediante la modificación del patrón de flujo, grado de pendiente o dirección del escurrimiento superficial, y mediante la reducción de la tasa y cantidad de escurrimiento.

Cuadro 4. Factor para vegetación y/o uso de suelo.

Vegetación y/o uso de suelo	C
Bosque de ayarín	0.01
Bosque de cedro	0.01
Bosque de encino	0.10
Bosque de encino-pino	0.01
Bosque de galería	0.10
Bosque de oyamel	0.01
Bosque de pino	0.01
Bosque de pino-encino	0.01
Bosque de tascate	0.01
Bosque de mesófilo de montaña	0.01
Chaparral	0.65
Manglar	0.10
Matorral crasicaule	0.65
Matorral de coníferas	0.20
Matorral desértico microfilo	0.25
Matorral desértico roetofilo	0.25
Matorral espinoso tamaulipeco	0.45
Matorral rosetofilo costero	0.25
Matorral sarcocaule	0.25
Matorral sarco-crasicaule de neblina	0.25
Matorral submontano	0.35
Matorral subtropical	0.12
Mezquital	0.65
Palmar inducido	0.75
Palmar natural	0.75

Vegetación y/o uso de suelo	C
Pastizal gipsofilo	0.25
Pastizal halófilo	0.25
Pastizal inducido	0.02
Pastizal natural	0.07
Popal	0.85
Pradera de alta montaña	0.05
Sabana	0.54
Sabanoide	0.54
Selva alta perennifolia	0.45
Selva alta subperennifolia	0.45
Selva baja caducifolia	0.50
Selva baja espinosa caducifolia	0.50
Selva baja espinosa subperennifolia	0.50
Selva mediana caducifolia	0.45
Selva mediana perennifolia	0.45
Selva mediana subcaducifolia	0.45
Tular	0.10
Vegetación de desiertos arenosos	0.85
Vegetación de dunas costeras	0.85
Vegetación de galería	0.85
Vegetación halófila	0.85
Zona urbana	0.005
Cuerpos de agua	1.0
Agricultura en riego	0.55
Agricultura de temporal	0.75
Agricultura de humedad	0.25

Algunas de las prácticas de soporte que se consideran en la evaluación de P para áreas cultivadas son las siguientes: surcado al contorno (laboreo, siembra y plantación, siguiendo las curvas de contorno o nivel), cultivos en faja, terraceo, establecimiento de obras de drenaje subsuperficial. En áreas semiáridas o pastizal son consideradas las prácticas de disturbio del suelo para el almacenamiento de humedad y reducción del escurrimiento.

El factor P no considera prácticas de labranza mejoradas, tales como cero labranza, labranza de conservación, rotaciones de cultivo, tratamientos de fertilidad y manejo de cosecha. Tales prácticas son consideradas en el factor C.

Se revisó la información disponible y no se detectó algún área significativa en donde se lleve a cabo algún tipo de práctica de conservación, por lo que el factor P se consideró como la unidad.

Resultados

Como se mencionó, la metodología se aplicó para las 37 regiones hidrológicas que comprenden el país, pero en el presente documento sólo se describen los resultados de la Región Hidrológica Número 12 (RH12), denominada "Lerma-Santiago", que se encuentra conformada principalmente por los estados de Jalisco, Nayarit, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato, y en una menor porción por Durango, Michoacán, Querétaro y el Estado de México. Dentro de los cauces más importantes se pueden nombrar el río Lerma y el río Grande Santiago, así como el río Verde. El almacenamiento o vaso regulador más importante con que cuenta esta zona es la laguna de Chapala. Esta región tiene una superficie aproximada de 133 455 km².

En lo referente al factor de erosividad (R), los valores varían de acuerdo con lo mostrado en la figura 6, donde se presenta un mínimo de 571 MJ.mm/ha.h asociado a una PMA de 409 mm, y un máximo de 17 723 MJ.mm/ha.h

asociado a una PMA de 1 498 mm. El 45% de la superficie de esta región se encuentra en el rango de 2 185-3 328 MJ.mm/ha.h, debido a la intensidad de la precipitación media anual estimada a partir del arreglo regular de Agroasemex, S.A. (figura 5).

El factor de erosividad del suelo (K) fue determinado con la información más reciente de INEGI en escala 1:250 000 y de acuerdo con la serie II. Éstos vienen clasificados de acuerdo con la WRB, por lo que fue necesario hacer algunas reclasificaciones para poder aplicar la metodología FAO (FitzPatrick, 1993). Dicho factor presenta una variación que va desde 0.0077 hasta 0.79 ton.h/MJ.mm (figura 6). Cabe mencionar que en los cuerpos de agua se considera un valor igual a 1.00.

En lo referente al factor topográfico longitud-pendiente (LS), el resultado para la RH12 se muestra en la figura 6. Como puede observarse, un LS alto está asociado con los niveles donde se presentan las pendientes más pronunciadas y un valor bajo en las zonas de planicie. En este caso, los valores obtenidos son de 0.029 y 19.365 para las partes bajas y altas, respectivamente.

El factor de vegetación y cultivo (C) se obtuvo con la información de INEGI mencionada con anterioridad. De acuerdo con la cobertura presentada en la RH12, este factor puede variar desde 0.005 hasta 0.85, considerando un valor de 1.00 para los cuerpos de agua permanentes (figura 6).

En lo que respecta al factor P, de prácticas de conservación, se considera igual a la unidad, interpretándose que no se llevan a cabo prácticas de conservación en las zonas agrícolas.

Una vez que se obtuvieron cada uno de los factores que conforman la USLE, se realizó el producto, como lo establece la ecuación USLE para obtener la erosión hídrica. Su valor se dividió en seis rangos: (1) baja, (2) media, (3) considerable, (4) alta, (5) muy alta, y (6) extrema, de acuerdo con los límites mostrados en el cuadro 5; la clasificación se muestra en la figura 7. Esta clasificación se realiza con el fin

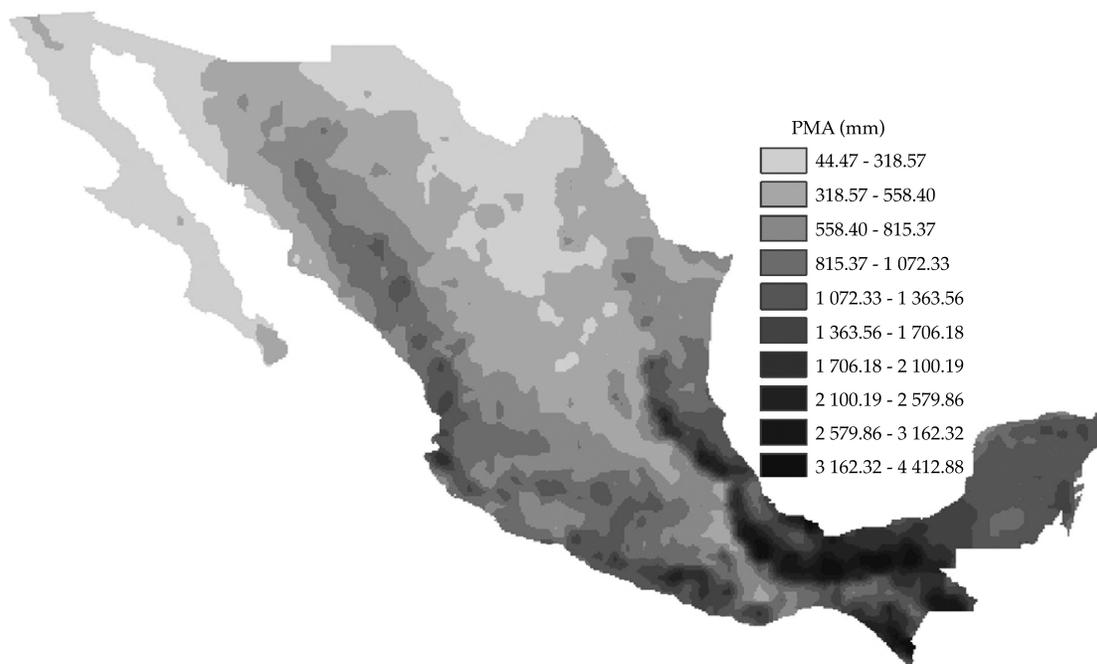


Figura 5. Precipitación Media Anual (PMA), considerando el periodo 1979-2007.

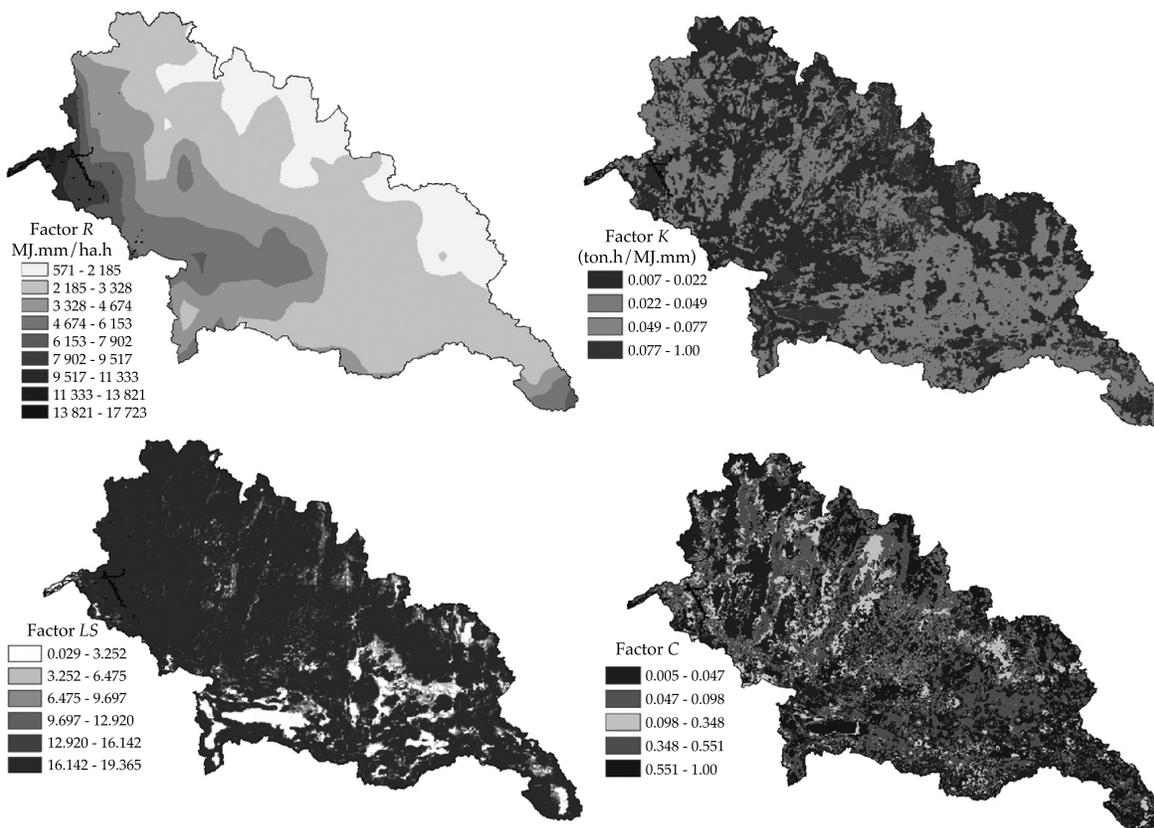


Figura 6. Factores R, K, LS y C, para la RH-12.

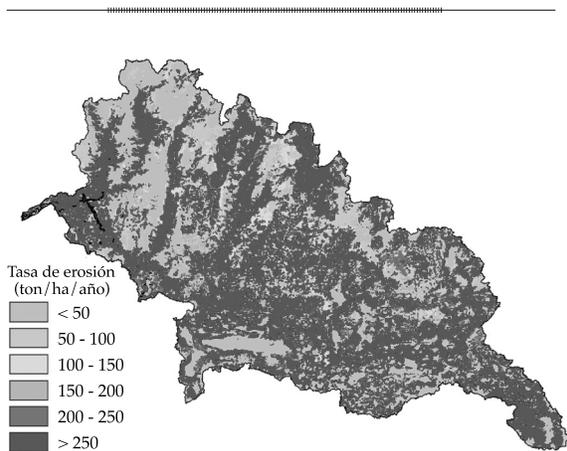


Figura 7. Erosión hídrica para la RH12.

de visualizar el efecto que ha tenido la erosión hídrica en el área y ubicar de una manera pronta las áreas más dañadas. En este caso, para el rango de erosión extrema se tiene una superficie de aproximadamente un 40%, lo que

implicaría que si se desea llevar a cabo algún plan de conservación serían las primeras zonas a considerar.

En la figura 8 se observa el arreglo del Mapa Nacional de Erosión Potencial, en donde, de acuerdo con los resultados con la metodología descrita, se obtuvo que el 64% del territorio nacional se encuentra expuesto a erosión extrema; en el cuadro 6 puede verse el resto de la clasificación y cómo está distribuido en la república.

Conclusiones

El poder contar con un mapa de erosión hídrica en el ámbito nacional ayudará a identificar las zonas o cuencas en donde es necesaria y urgente la implementación de un plan de manejo y conservación de cuencas, tales como manejo en el cambio de uso de suelo y reforestación, así como ubicar zonas donde se requiera un estudio más detallado, entre otras.

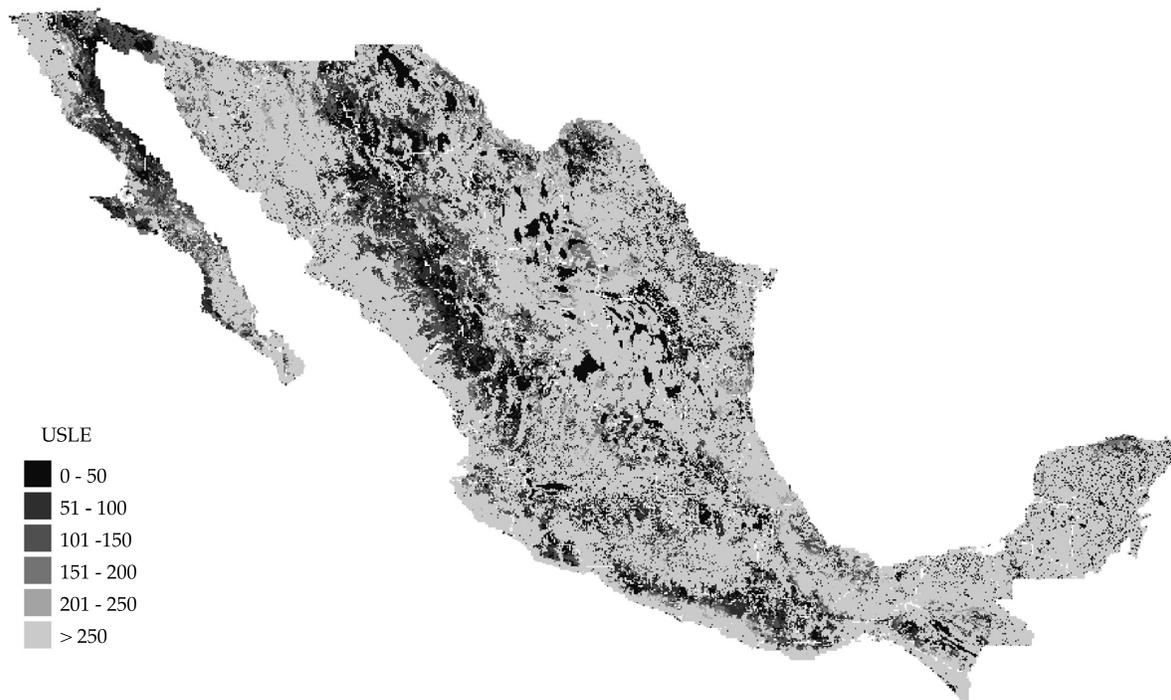


Figura 8. Mapa Nacional de Erosión Potencial.

Cuadro 5. Rangos de clasificación de la erosión hídrica.

Tipo	Rango (ton/ha/año)	Clasificación
1	< 50	Baja
2	50 - 100	Media
3	100 - 150	Considerable
4	150 - 200	Alta
5	200 - 250	Muy alta
6	> 250	Extrema

Cuadro 6. Clasificación de la erosión potencial en el ámbito nacional.

Tipo	Rango (ton/ha/año)	Clasificación	Superficie afectada (%)
1	< 50	Baja	12
2	50 - 100	Media	8
3	100 - 150	Considerable	7
4	150 - 200	Alta	5
5	200 - 250	Muy alta	4
6	> 250	Extrema	64

Asimismo, se pueden identificar las zonas con altos índices de producción de sedimentos que son susceptibles de desprenderse, ser transportados y depositados en los cauces de los ríos o en los embalses, disminuyendo así la capacidad útil de estos. Adicionalmente, es posible determinar la ubicación idónea para estructuras de retención de sedimentos.

Recibido: 12/01/09
Aprobado: 30/08/10

Referencias

- AGROASEMEX. *Base de datos de estaciones climatológicas*, México, D.F.: Agroasemex, 2008.
- BECERRA, M.A. *Erosión de suelos*. México, D.F.: Universidad Autónoma de Chapingo, 1997.
- CRESSMAN, G.P. An operational objective analysis system. *Mon. Wea. Rev.* Vol. 87, 1959, pp. 367-364.
- FAO. *World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication*. Rome: FAO, 2006.
- FITZPATRICK, E.A. *Suelos, su conformación, clasificación y distribución*. México, D.F.: Editorial CECSA, 1993.
- INEGI. *Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250,000 Serie II (Continuo Nacional)*. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2007.
- INEGI. *Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Cubierta Vegetal y Uso Agrícola, Escala 1:250,000 Serie III*. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2005.
- MONTES, L.M.A.L. *Predicción de la erosión hídrica para la elaboración de planes de conservación de suelos a nivel cuenca*. Tesis de Grado Maestría. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro, México, 2002.
- RENARD, K.G., FOSTER, G.R., WEEISES, G.A., MCCOOL, D.K. and YODER, D.C. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Agriculture Handbook Number 703*. Washington, D.C.: USDA-ARS, 1997.
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. *Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: Guide for selection of practices for soil and water conservation*. Washington, D.C.: U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. No. 282, 1965.
- WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. Washington, D.C.: U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. No. 537, 1978.

Abstract

MONTES-LEÓN, M.A.L., URIBE-ALCÁNTARA, E.M. & GARCÍA-CELIS, E. *National Map of Potential Erosion*. Water Technology and Sciences, formerly Hydraulic engineering in Mexico (in Spanish). Vol. II, No. 1, January-March, 2011, pp. 5-17.

Water erosion in Mexico generates a large number of issues, such as: loss of soil for crops, loss of nutrients, accumulation of sediment in urban zones, sedimentation in channels and reservoirs, and loss of capacity in hydraulic structures. A National Map of Water Erosion is created based on the most current information. This map is expected to enable the identification of regions susceptible of water erosion, so that conservation plans can be implemented, along with other mitigation measures, in regions where soil loss is high or extreme.

Keywords: erosion, accumulation, sediment.

Dirección institucional de los autores

M.C. María Alejandrina Leticia Montes-León

Gerente de Hidráulica e Hidrología
Agroasemex, S.A.
Av. Constituyentes núm. 124 Pte.
Colonia El Carrizal
76030 Querétaro, México
Teléfono: +52 (442) 2381 900, extensión 4089
almones@agroasemex.gob.mx
ale_montes1@yahoo.com.mx

Dr. Edgar Misael Uribe-Alcántara

Profesionista independiente
Calle 603 núm. 22
Colonia CTM Aragón
Delegación Gustavo A. Madero
07990 México, D.F.
emural@hotmail.com

Geó. Efraín García-Celis

Gerente de Percepción Remota
Agroasemex, S.A.
Av. Constituyentes núm. 124 Pte.
Colonia El Carrizal
76030 Querétaro, México
Teléfono: +52 (442) 2381 900, extensión 4404
egarcia@agroasemex.gob.mx