

Torres Benites, Elibeth; Cortes Becerra, José; Mejía Sáenz, Enrique; Exebio García, Adolfo; Santos Hernández, Ana Laura; Delgadillo Piñón, Ma. Eugenia

Evaluación de la degradación de los suelos en la cuenca "El Josefino", Jesús María, Jalisco

Terra Latinoamericana, vol. 21, núm. 1, enero-marzo, 2003, pp. 117-126

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57321114>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS EN LA CUENCA “EL JOSEFINO”, JESÚS MARÍA, JALISCO

Evaluation of Soil Degradation in El Josefino Watershed, Jesús María, Jalisco

Elizabeth Torres Benites^{1‡}, José Cortes Becerra², Enrique Mejía Sáenz¹, Adolfo Exebio García¹,
Ana Laura Santos Hernández¹ y Ma. Eugenia Delgadillo Piñón¹

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la degradación de los suelos de la cuenca “El Josefino”, localizada en el municipio Jesús María, estado de Jalisco. Los escenarios se construyeron mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica. Los datos utilizados consistieron en cuatro años de información climática, uso de suelo y unidades de suelo, lo cual resultó en cinco Unidades Hidrológicas, mismas que sirvieron para la predicción de la erosión hídrica. Las metodologías utilizadas fueron: la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos por erosión hídrica y eólica, y FAO para degradación química, física y biológica. En los resultados, se observó que los principales procesos de degradación de los suelos de la cuenca son la erosión hídrica y eólica, en valores clasificados entre altos y muy altos, que van de 107 a 200 t ha⁻¹ año⁻¹ y afectan entre 35 y 81% del área total, respectivamente. La degradación física y química representan los menores grados de afectación que van de ligeras a moderadas.

Palabras clave: EUPs, erosión hídrica, erosión eólica, sistema de información geográfica.

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the degradation of the soils of the basin “El Josefino”, located in the municipality Jesús María, in the state of Jalisco. The sceneries were constructed with the use of a Geographical Information System. The data used consisted of four years of climatic information, soil use and soil units, which resulted in five Hydrologic

Units, used for the prediction of water erosion. The methodologies used were: the Universal Equation of Soil Loss by water and wind erosion and FAO for chemical, physical and biological degradation. The results showed that the main processes of degradation of the soils of the basin are water and wind erosion, in values that place it between high and very high, 107 to 200 t ha⁻¹ año⁻¹, affecting between 35 and 81% of the total area, respectively. The physical and chemical degradation represent minor degrees of affectation that go from slight to moderate.

Index words: UESL, water erosion, wind erosion, geographical information system, GIS

INTRODUCCIÓN

La degradación de la tierra es un conjunto de procesos dinámicos (físicos, químicos y biológicos) que afectan la productividad de los ecosistemas, lo cual puede llegar a ser irreversible y tener consecuencias sociales, económicas, ecológicas y políticas. Esta degradación se relaciona con el uso inadecuado de los recursos agua, suelo, flora y fauna; los dos primeros son la base fundamental para el abastecimiento de alimentos para las plantas, los animales y el hombre (Ortiz *et al.*, 1994).

Julia Carabias, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, informó que el deterioro ambiental producido por el rápido avance de la frontera agrícola, ganadera y urbana, pone en serio peligro el mantenimiento de ecosistemas completos de miles de especies de plantas y animales, y que México registra la tasa más alta de deforestación de América Latina; la degradación de suelos asciende a 80% del territorio, otras 600 mil ha se agregan cada año, 10% de las hectáreas de riego para cultivo se han perdido por la alta acumulación de sales, sobre todo a lo largo de 20 zonas prioritarias (Carabias, 1996).

El estado actual de la degradación de la tierra indica la situación que presentan los recursos que se están evaluando (agua, suelo, vegetación) y su cambio

¹ Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, estado de México.

‡ (hely@colpos.mx)

² Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. 56230 Chapingo, estado de México.

a través de un período dado y la influencia de las actividades humanas sobre dichos procesos (Estrada *et al.*, 1999).

La erosión es una de las principales causas de la desertificación y constituye uno de los problemas más severos de los recursos renovables de México. Los diversos procesos que propician la degradación de la tierra afectan en distintos grados, que representa 95% del territorio nacional.

En estos procesos sobresalen los de erosión eólica e hídrica que afectan 85 y 60%, respectivamente, de la superficie del país, así como el proceso de degradación biológica, el cual afecta 80% del territorio nacional, de acuerdo con la información contenida en el mapa de suelos de la República Mexicana (INEGI, 1993); con el análisis realizado por la Comisión Nacional de Zonas Aridas y la FAO (1996): 70% de los suelos de México presentan menos de 1% de materia orgánica, 30% de la superficie condiciones de salinidad y de sodicidad, y suelos con menos de 50% de saturación de bases en 20% del área.

La forma de abordar un estudio de esta magnitud es a través de una cuenca, ya que ésta constituye la unidad física completa, donde una de las entradas es la precipitación y las salidas el escurrimiento y el sedimento, el proceso incluye la influencia de la vegetación, suelo y topografía (Torres, 2000). El estudio de una cuenca como unidad de gestión para organizar actividades que mejoren la calidad de vida del hombre tiene su origen en el estrecho vínculo que existe entre los procesos que en ella suceden y las necesidades humanas (Fernández, 1996).

Lo anterior exige generar información, indicando la problemática ecológica que se vive a esta escala. Esta información al analizarse debe permitir observar la situación integral, ya que un estudio cualquiera de esta problemática por separado, así sea la degradación física de los suelos, el sobrepastoreo, la degradación de la cubierta vegetal, la pérdida de producción agrícola, no presentan un panorama útil por sí solos; y sólo el estudio de la integración de todos los recursos permite que se conozca la situación real.

En el caso del estado de Jalisco, México, donde la dinámica de degradación no responde a límites geopolíticos y los procesos interaccionan de forma geográfica natural, la cuenca es una respuesta a este análisis. Las acciones encaminadas a la planeación deben considerar, primeramente, el detener los procesos que empobrecen la capacidad productiva de los recursos naturales, por lo que el primer paso es

ubicar los principales procesos que los afectan, y posteriormente, diagnosticar el estado de desequilibrio ecológico y realizar acciones viables (SEMARNAT, 2000).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar y cartografiar la degradación de la tierra, contemplando aspectos físicos y biológicos, que proporcionen elementos para la planeación del combate a la degradación en la cuenca “El Josefino”, municipio de Jesús María, estado de Jalisco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y Caracterización del Área de Estudio

La cuenca “El Josefino” se localiza en la parte norte del estado de Jalisco y al oeste del estado de Guanajuato. Se ubica entre las coordenadas 20° 43' a 20° 51' N y 102° 04' a 102° 10' O; la altitud varía de 1760 a 2280 m. El área total es de 1964.02 ha, de las cuales 538.87 ha pertenecen al estado de Jalisco y 1425.15 ha al estado de Guanajuato. De acuerdo con las cartas temáticas de INEGI, F13 D59 y F13 D69, los suelos que predominan dentro de la cuenca son de origen residual y aluvial, sobresaliendo Phaeozem húmico, los cuales ocupan 17% de la superficie, distribuidos en su mayor parte en la zona de las laderas más pronunciadas, Luvisol férrico 12%, Planosol eútrico 29%, Regosol eútrico 29%, Vertisol pélico 11% y Cambisol 11%.

Los recursos hidrológicos de la cuenca son proporcionados por los arroyos La Huerta, Canoita y El Salto, los cuales confluyen en un mismo punto haciéndose tributarios de la presa Nueva de Jalpa. La precipitación media anual de esta zona, es de 730 a 950 mm, de junio a septiembre, lo cual permite que las corrientes fluviales sean aprovechadas en bordos y presas para los meses de sequía y con destino al consumo humano y animal.

Metodología

La metodología utilizada en este estudio se basó en la generada por la Universidad Autónoma Chapingo (Estrada *et al.*, 1999), para la evaluación de la degradación del suelo en ocho estados de México, la cual se diseñó para integrar los efectos y causas de la desertificación, considerando la metodología FAO (1996) que permite obtener información de la magnitud del grado de desertificación y de los procesos involucrados y, finalmente, el uso de los

Sistemas de Información Geográfica que permite hacer la sobreposición o combinación de información (existente o nueva) y el despliegue gráfico de los resultados.

Para obtener la tasa de erosión hídrica, así como la de erosión eólica, se llevó a cabo la generación de mapas temáticos y bases de datos que calculan el índice de erosión hídrica y eólica mediante el uso de ecuaciones paramétricas, haciendo uso de un proceso automatizado, el cual consistió en calcular las variables correspondientes a la erosividad de la lluvia, agresividad del viento, erosionabilidad del suelo, longitud y grado de la pendiente, uso del suelo y vegetación. Además de un proceso automatizado para rasterizar estos temas (variables) y realizar el cálculo cartográfico paramétrico multiplicativo con el uso de los Sistemas de Información Geográfica, herramienta que permite el despliegue de los resultados de pérdida de suelo ($t \text{ ha}^{-1} \text{año}^{-1}$) a través de mapas y gráficos (Figura 1).

Con el objetivo de implementar criterios jerárquicos, de acuerdo con el grado de erosión hídrica, se dividió a la cuenca en cinco unidades de escurrimiento (A, B, C, D y E), con la finalidad de generar bases que permitan guiar las alternativas de manejo hacia aquellas partes dentro de la cuenca que presenten mayor grado de erosión hídrica (Figura 2).

Fenómenos de Degradación

Dados los objetivos del estudio, la metodología se adecuó al presente estudio debido a la escala que se trabajo (1:50 000), los fenómenos de degradación estudiados fueron:

Índice físico. Este índice agrupa los procesos de erosión hídrica, erosión eólica y salinización; este último no se presenta en la cuenca. El presente estudio omite la utilización de indicadores como pérdida de la materia orgánica, deterioro de propiedades físicas, disminución de la fertilidad y degradación del agua, propuestos por la metodología FAO (FAO, 1996). A continuación se describen estos aspectos.

Erosión hídrica. La combinación o sobreposición de capas de información es la herramienta más destacada en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y permite, además, generar nueva información a partir de la que ya existe, aplicando los procesos necesarios. De esta manera, se determinaron los grados de erosión que afectan la cuenca, utilizando la metodología descrita por Figueroa *et al.* (1991), para la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), cuya expresión es la siguiente:

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

Donde: A = promedio anual de pérdida de suelo ($t \text{ ha}^{-1}$); R = factor de erosividad de la lluvia

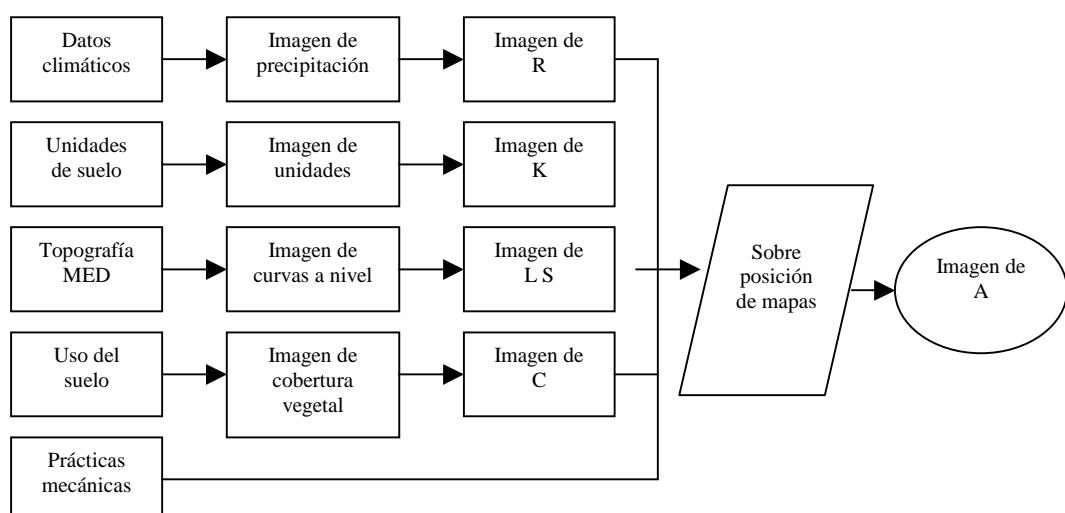


Figura 1. Diagrama del proceso para obtener la erosión actual.

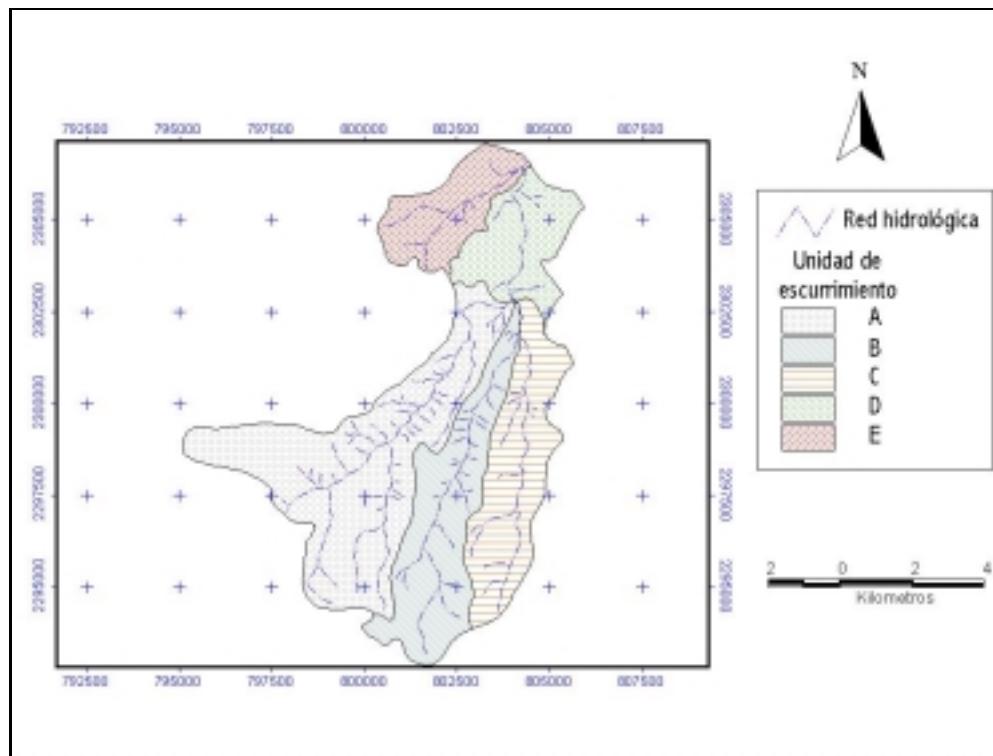


Figura 2. Unidades de escorrentamiento generadas para la cuenca "El Josefino".

($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$); K = erosionabilidad del suelo ($\text{t ha h MJ mm ha}^{-1}$); L = longitud de la pendiente (adimensional); S = grado de la pendiente (adimensional); C = manejo de cultivos (adimensional) y P = prácticas mecánicas de control de erosión (adimensional). a) Factor R : Se calculó mediante ecuaciones generadas por Cortés (1991), usando datos pluviométricos de la zona de estudio en seis estaciones meteorológicas: Arandas, Jesús María, San Miguel el Alto, San Julián, San Diego de Alejandría y Manuel Doblado. Se emplearon las ecuaciones correspondientes a las Regiones V y VII del plano de regiones elaborado por el mismo autor para dicho factor, que son:

$$Y = 3.4880 X - 0.00188 X^2 \text{ (V)}$$

$$Y = -0.0334 X + 0.006661 X^2 \text{ (VII)}$$

Donde: Y = EI_{30} anual (energía cinética total de un evento con su intensidad máxima en 30 min) ($\text{Mj mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$) y X = lluvia anual (mm).

Con los datos de erosividad de la lluvia calculados, se utilizó el modelo de los polígonos de Thiessen para distribuir de manera parcial la precipitación entre la

ubicación correspondiente a las estaciones; de esa manera, se obtuvieron los valores de isoerosividad de la lluvia dentro de la cuenca.

b) Factor K : Este valor se obtuvo con el uso del nomograma de Wischmeier, empleando los datos de las determinaciones físicas de % de limo + arena fina (0.1 a 0.002 mm), materia orgánica, % de arena, código de estructura y permeabilidad del suelo. El Cuadro 1 resume los métodos de laboratorio que se emplearon para las determinaciones de las muestras de suelos, empleadas en el nomograma y demás ecuaciones empíricas.

c) Factores L y S : Estos dos parámetros se obtuvieron mediante el uso del Modelo de Elevación Digital, generado del Software SIGMA, editado por el Colegio de Postgraduados (Pedraza, 2001), el cual resultó de 227 fileras, 226 columnas y un tamaño de celda de 88 píxeles. Así como el empleo de un distanciómetro digital para la corrección de la longitud en campo.

d) Factores C y P : Con apoyo de observaciones de campo y las tablas obtenidas por Figueira *et al.* (1991), se obtuvieron los valores de C y P .

Para generar el mapa de Vegetación y Uso Actual de Suelo, se procedió a una fotointerpretación de las fotografías aéreas editadas por INEGI (1993), escala

1:75 000 y corregidas en campo de acuerdo con el uso actual de la cuenca. La delimitación de unidades de escorrentamiento se obtuvo tomando como base la carta topográfica 1:50 000; se hizo una sobreposición del mapa de unidades de escorrentamiento con el de vegetación para la estimación de los índices de uso actual del suelo por unidad de escorrentamiento, en los que se determinaron áreas y el porcentaje de cada uno de ellos por unidad.

Se generaron mapas con cada factor de la EUPS y mediante el álgebra de mapas (Figura 1) se calculó la erosión hídrica actual.

Erosión eólica. Al igual que la erosión hídrica, la erosión eólica se evaluó mediante ecuaciones paramétricas y el uso de SIG; la ecuación empleada es la siguiente:

$$Pee = f(C^1, S, T, V)$$

Donde: Pee = pérdida de suelo por erosión eólica ($t \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$); C^1 = índice de agresividad del viento; S = índice de erosionabilidad del suelo, T = índice topográfico y V = índice de vegetación.

El índice de agresividad del viento se calculó mediante el índice eólico de Chepil (1963) modificado, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$C^1 = \frac{1}{100} \sum_1^{12} V^3 \frac{(ETP - Pn)}{ETP}$$

Donde: C^1 = índice de agresividad del viento; V = velocidad del viento ($m \text{ s}^{-1}$); ETP = evapotranspiración potencial (mm); P = precipitación (mm) y n = número de días del mes en los que hay erosión.

Los datos climáticos para el cálculo de este índice corresponden a los utilizados en el factor R de la erosión hídrica. El valor de la erosión eólica se obtuvo siguiendo el procedimiento que describe la Figura 1, en donde el factor de agresividad es el viento C^1 . La ETP se calculó mediante la relación: $E_v(0.8) = ETP$.

Degradoación física. El encostramiento del suelo, producto del afloramiento de horizontes sub-superficiales, se evalúa y clasifica únicamente en cuanto a estado actual, ya que es un proceso que se lleva a cabo en un tiempo relativamente largo.

Los indicadores del proceso de degradación se obtuvieron con base en la evaluación de la acumulación cálcica, de yeso, hierro y silicio y formas de cementación de cada una de ellas, así como la cuantificación de la densidad aparente con respecto a

valores iniciales (% de cambio año^{-1}), velocidad de infiltración (cm h^{-1}) y disminución de la permeabilidad (% año^{-1}).

La disminución de la permeabilidad del suelo se calculó mediante tres índices:

a) Índice climático: El índice climático que se utiliza para determinar la degradación física del suelo es el mismo que se utiliza para evaluar el índice de erosividad de la erosión hídrica, ya que la compactación y el encostramiento del suelo son funciones de la intensidad y energía de la lluvia.

b) Erosionabilidad del suelo ($t \text{ ha}^{-1}$).

c) Topografía (coeficiente adimensional).

La susceptibilidad del suelo al encostramiento se calculó mediante la siguiente relación:

$$le = \frac{1.5zf + 0.75zc}{c + 100} (M.O)$$

Donde: le = índice de encostramiento; zf = % de limo fino (2 a 20 μm); zc = % de limo grueso (2 a 50 μm); c = % de arcilla (< 2 μm); $M.O$ = % de materia orgánica.

Degradoación biológica. Considerando la visión propuesta en la metodología FAO (FAO, 1996), que agrupa en este índice la destrucción biológica de los ecosistemas y la disminución de la productividad, se evaluó la actividad biológica del suelo a través de la mineralización de la materia orgánica.

a) Índice climático: En general, el índice climático que se utiliza para conocer la velocidad de mineralización del humus es el índice propuesto en la metodología de FAO (1953). Con una velocidad de descomposición de 2.9 entre 10° y 20° , este índice es el siguiente:

$$K_2 = C \frac{1}{12} \sum_1^{12} e^{0.1065t} \left(\frac{P}{ETP} \right)$$

Donde: t = temperatura media del aire durante el mes ($^\circ\text{C}$); P = precipitación media anual (mm) y ETP = evapotranspiración potencial (mm).

Cuando $P > ETP$, $P/ETP = 1$ para $t < 0$, $t = 0$.

b) Índice edáfico: Este índice se determinó evaluando la textura, contenido de carbonato de calcio, pH y el contenido de agua en el suelo arriba de la capacidad de campo. Los métodos de laboratorio para la determinación de éstos se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Determinaciones de análisis de suelos.

| Determinación | Método |
|--------------------------|--------------------------------|
| Textura | Day modificado |
| pH | Potenciométrico |
| Materia orgánica | Walkley y Black |
| Carbonato de calcio | Norton y Newson |
| Densidad aparente | Parafina |
| Capacidad de campo | Olla de presión |
| Conductividad hidráulica | Permeámetro de carga constante |

Degradación química. Considerando la visión propuesta por Ortiz *et al.* (1994), este tipo de degradación se evaluó a través de la lixiviación porcentual de bases, mediante la suma de los índices climático, edáfico y topografía.

a) Indice climático: La ecuación empleada para el cálculo de este índice es la propuesta por FAO (1980):

$$C_q = \sum_{1}^{12} P - ETP$$

Donde: C_q = índice climático para la degradación química; P = precipitación media mensual (mm); ETP = evapotranspiración potencial (mm).

Para temporadas húmedas, cuando $P > ETP$, se utiliza:

$$C_q = \left[\sum_{1}^{12} P - ETP \right] - R$$

Donde: R = reserva de humedad del suelo.

- b) Indice edáfico: Este índice se calculó de acuerdo con la clasificación textural de los suelos de la cuenca.
 c) Indice topográfico: Se determinó en campo y se agrupó en valores de acuerdo con lo propuesto por Ortiz *et al.* (1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Erosión Hídrica

En la Figura 3, se muestran los valores de pérdida de la capa arable del suelo en donde las zonas con mayor problema de erosión se encuentran en las unidades A, B y E. Estas corresponden a la parte alta de la cuenca conformada por lomeríos, donde la remoción de la vegetación es crítica para la estabilidad de los ecosistemas, representando así 40% del área total de la cuenca afectada por un grado de erosión muy alta ($> 100 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$).

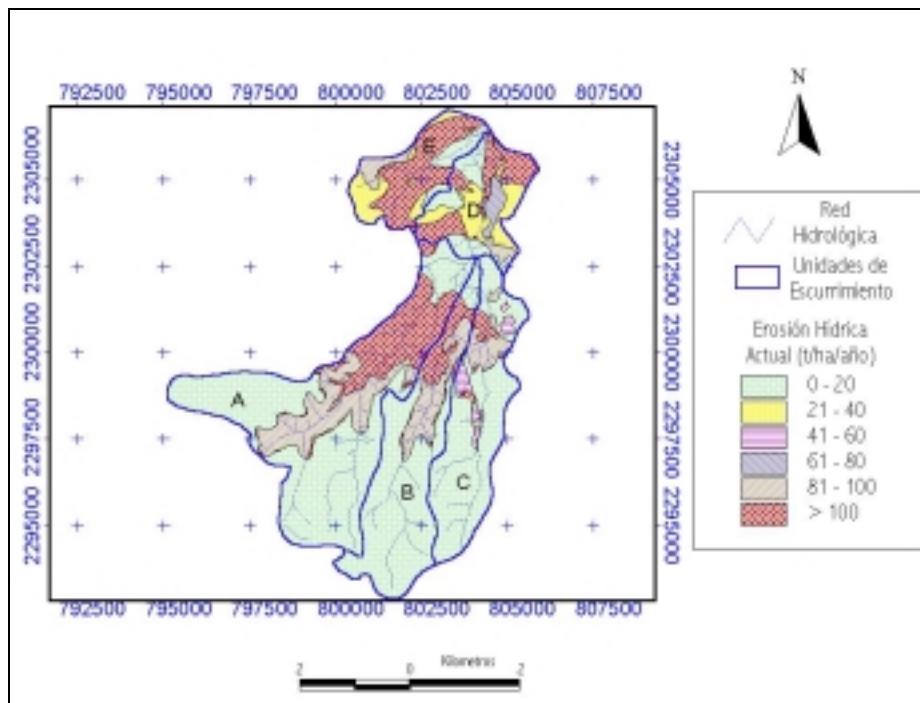


Figura 3. Mapa de erosión hídrica actual de la cuenca "El Josefino".

La misma figura indica que la cuenca presenta un grado de erosión que va de ligero a moderado, en las unidades hidrológicas A, B y C, afectando 57% del área total de la cuenca. Los mayores problemas se encuentran en áreas agrícolas de la parte baja de la unidad A, donde las pendientes son mayores que 15%. Dada su condición productiva de temporal, el suelo se encuentra desprovisto de vegetación durante gran parte del año y sin prácticas agrícolas adecuadas, lo que favorece procesos de desprendimiento y arrastre de partículas de suelo; no se aprecian canales de deslave, pues el laboreo agrícola anual los borra. Asimismo, la vegetación natural en la unidad B es expuesta frecuentemente a una notable deforestación, sin ser excesiva. Los terrenos más estables de la cuenca se encuentran en esta unidad.

Tres por ciento de la cuenca presenta un grado de erosión alto, afectando principalmente a las unidades A, B y D, ubicadas en la parte baja de la cuenca en donde los terrenos son de uso agrícola.

Lo anterior indica que existe un problema grave, en especial en las zonas de lomeríos, por lo cual se deben implementar programas de conservación y rehabilitación de suelos, ya que contribuye al

enzolvamiento de la infraestructura hidroagrícola que se localiza en la parte baja de la cuenca.

Erosión Eólica

La presencia de este proceso de degradación de los suelos es una característica de lugares áridos; sin embargo, puede agudizarse o generarse cuando se lleva a cabo un manejo inadecuado del terreno. Ortiz y Estrada (1993) reportaron para el estado de Jalisco tasas de erosión eólica predominantes de 50 a 200 $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$. La Figura 4 muestra la distribución física de la velocidad de erosión eólica actual que presenta la cuenca; se observa que las áreas con erosión clasificada como ligera se encuentran principalmente en la parte alta de la cuenca, donde la vegetación natural es del tipo latifoliada con dos condiciones de cobertura y representa coeficientes de 0.15 y 0.005. Lo anterior representa velocidades de pérdida de suelo menores que $10\ t\ ha^{-1}\ año^{-1}$, lo que indica que se encuentra dentro de un límite permisible. La parte baja de la cuenca manifiesta erosión moderada (10 a 50 $t\ ha^{-1}\ año^{-1}$), siendo ésta la que representa el mejor porcentaje del total de la misma. La erosión alta se

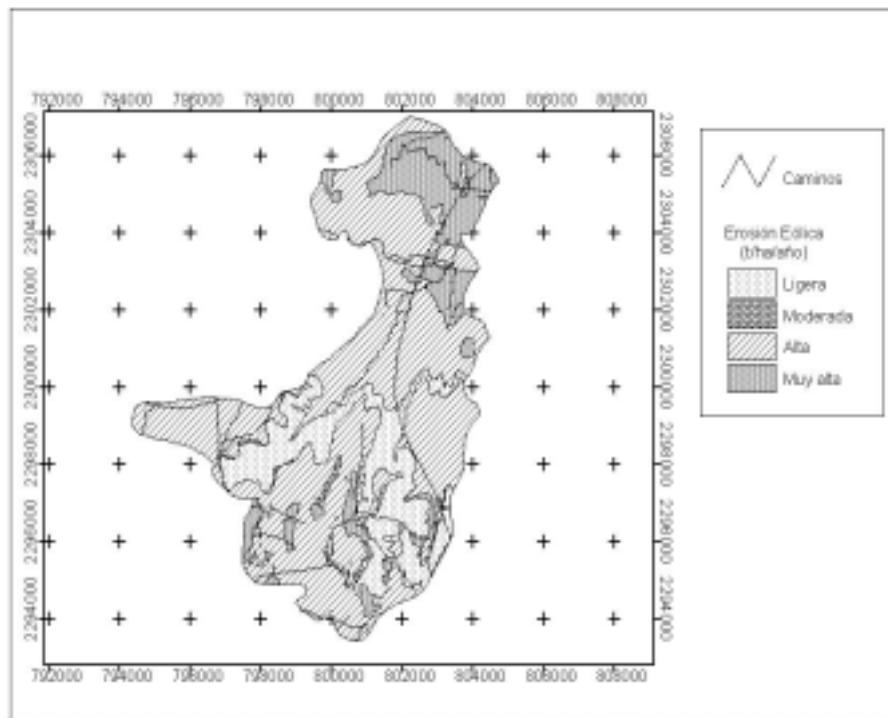


Figura 4. Mapa de erosión eólica actual de la cuenca “El Josefino”.

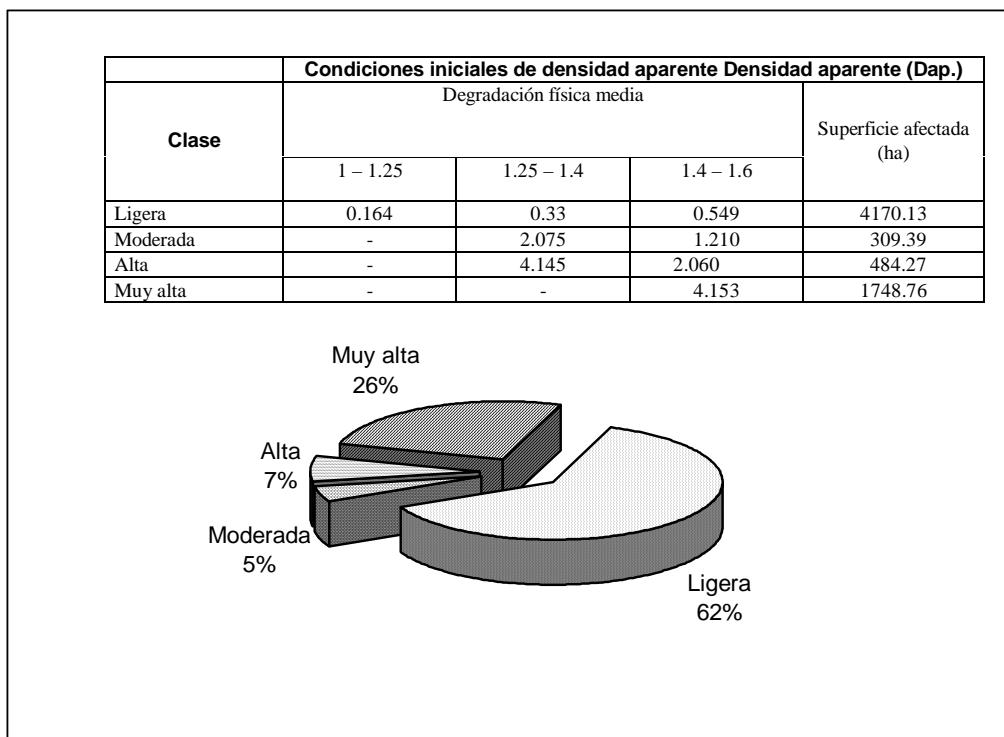


Figura 5. Distribución porcentual de la degradación física en la cuenca “El Josefino”.

manifiesta en la parte media y presenta tasas de erosión hasta $107 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. La erosión clasificada como muy alta se manifiesta en las partes baja y alta de la cuenca con tasas de erosión mayores que $200 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, donde el uso de los suelos es agrícola agravándose siendo la agricultura de temporal la más afectada, considerando una deficiencia de humedad durante ocho meses (octubre a mayo).

Degradoación Física

En la Figura 5, se observa que más de 50% de la cuenca se encuentra afectada con un riesgo ligero a la compactación. Lo anterior, y de acuerdo con la metodología de FAO, representa condiciones estables para el proceso degradativo en cualquier ecosistema en general. Por otro lado, la segunda clase de degradación, en el grado de importancia en la cuenca, es la clasificada como muy alta, de donde se concluye que para este caso se tienen básicamente dos condiciones de degradación en el área de estudio.

Degradoación Química

La Figura 6 muestra la magnitud que representa la degradación química en el área de estudio. La

degradación química no representa un riesgo a considerar, al analizar las áreas de afectación respecto a la superficie total. Debe tomarse en cuenta que los suelos afectados con alta severidad no son representativos en el ámbito de cuenca, sin embargo, pueden serlo a escala local, y tomar relevancia en partes donde el uso del suelo es de tipo agrícola.

Degradoación Biológica

En la cuenca “El Josefino”, 87.36% de los suelos son de textura de media a gruesa y 12.61% de textura fina, lo que origina que éstos sean susceptibles a la degradación biológica. La Figura 7 representa la distribución porcentual de la degradación biológica, la cual muestra que la mayor parte de la superficie de la cuenca se ve afectada con un riesgo a la degradación alta. Por lo tanto, puede considerarse un proceso importante dentro de la misma, debido a la pérdida de materia orgánica anual a causa de la mineralización. La degradación de la cubierta vegetal es otro factor desfavorable que incrementa este tipo de degradación, manifestada principalmente por la deforestación y la incorporación de áreas agrícolas.

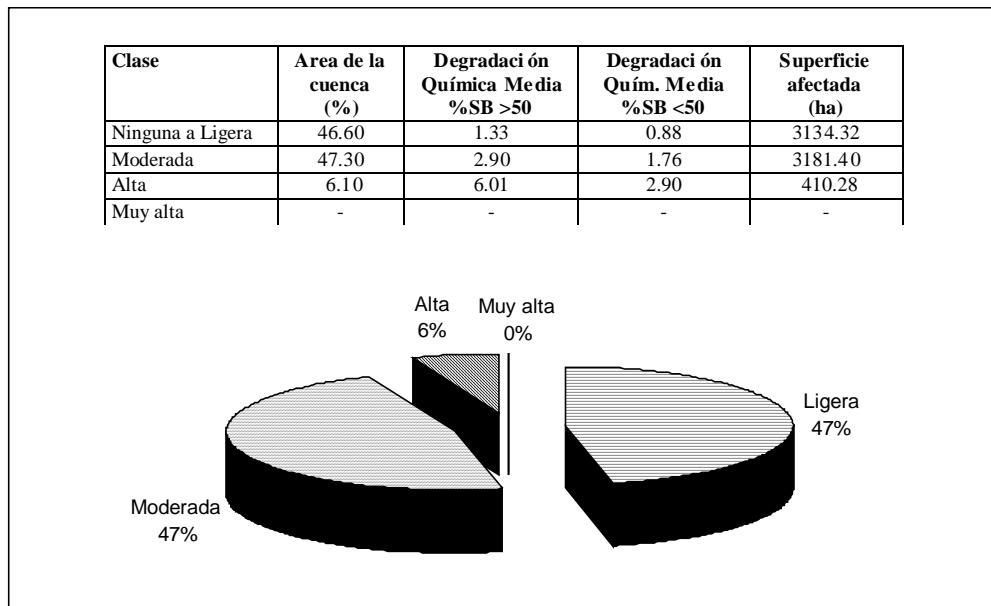


Figura 6. Distribución porcentual de la degradación química en la cuenca "El Josefino".

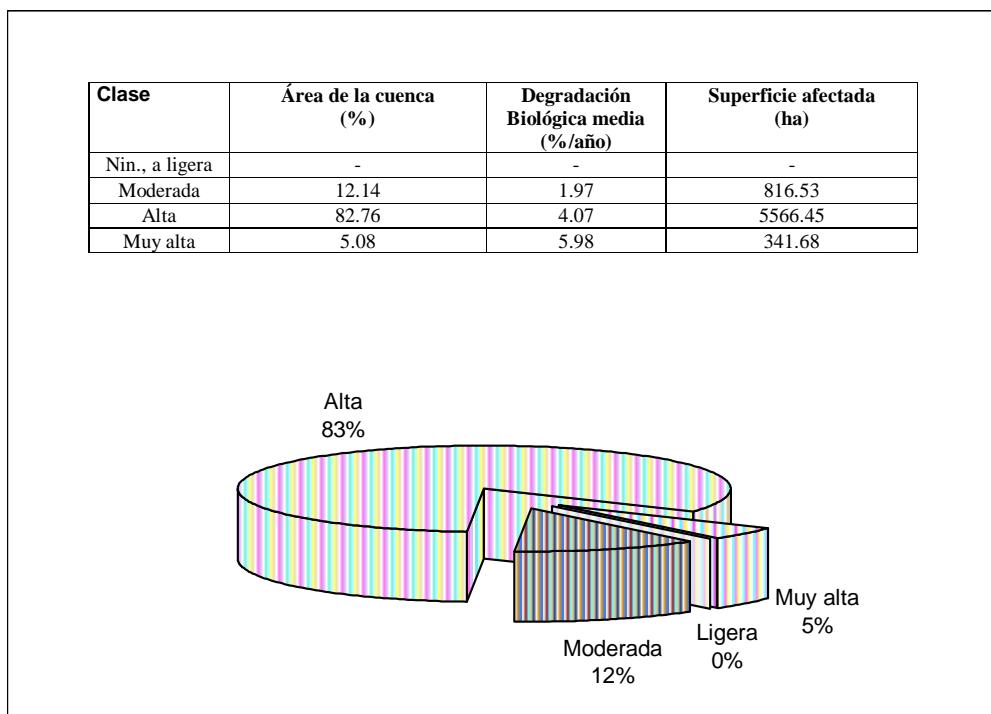


Figura 7. Distribución porcentual de la degradación Biológica en la cuenca "El Josefino".

CONCLUSIONES

- Los principales procesos de degradación de los suelos de la cuenca "El Josefino" son la erosión hídrica y eólica, en rangos clasificados entre altos y muy altos que van de 107 a 200 t ha⁻¹año⁻¹, y afectan

así entre 35 y 81% del área total, respectivamente. La degradación física y química representan los menores grados de afectación que van de ligeras a moderadas.

- La erosión, tanto hídrica como eólica, adquiere gran relevancia entre los procesos de degradación, por que puede desencadenar procesos difíciles de controlar e

irreversibles. Por el contrario, los otros procesos degradatorios pueden revertirse a través de la aplicación de técnicas o prácticas conservacionistas de relativa sencillez (aplicación de fertilizantes, enmiendas, abonos y rotaciones).

- La degradación física en la cuenca se manifiesta principalmente en el deterioro de la estructura natural del suelo como resultado de un uso agrícola intensivo, sin prestar atención a la rotación de cultivos, materia orgánica, manejo de los rastrojos de cosecha y prácticas de cultivos. Este deterioro físico se manifiesta por el encostramiento de los suelos, la reducción de la infiltración y el aumento del riesgo de erosión hídrica.

- El uso combinado de la información de campo, cartográfica, registros históricos climatológicos, ecuaciones de predicción de los procesos dinámicos de la degradación del suelo, así como el uso de los Sistemas de Información Geográfica y el álgebra de mapas, permitió detectar el estado actual y la velocidad de deterioro de los suelos de la cuenca en estudio.

LITERATURA CITADA

- Carabias L., J. 1996. La degradación, un problema nacional. *Excelsior*, 18 de junio. México, D.F.
- Chepil, W.S., F.H. Siddoway y D.V. Armbrust. 1963. Climatic index of wind erosion conditions in the Great Plains. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 27: 449-452.
- Cortés T., H.G. 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Estrada Berg, J.W., J.B. Estrada Berg O., M. Camacho V., Ma. E. Mendiola G. y A. Tijerina V. 1999. La desertificación en el altiplano mexicano. Universidad Autónoma Chapingo-Comisión Nacional de Zonas Áridas. Chapingo, México.
- FAO. 1980. Metodología provisional para evaluar la desertificación de los suelos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. FAO. Roma, Italia.
- FAO. 1996. Metodología unificada para la evaluación y monitoreo de la desertificación en América Latina. Indicadores de desertificación. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. FAO. Roma, Italia.
- Fernández R., D.S. 1996. Aplicación del modelo de simulación SWRRB para determinar el balance hidrológico de la cuenca "El Tejocote", Atlacomulco, Estado de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Figueroa S., B., A. Amante O., H.G. Cortés T., J. Pimentel L., E.S. Osuna., J.M. Rodríguez O. y F.J. Morales F. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1993. Mapa de Suelo de la República Mexicana. Escala 1:1 000 000 y 1:250 000. Aguascalientes, Ags., México.
- Ortiz S., Ma. de la L. y J.W. Estrada Berg. 1993. Evaluación y cartografía de la erosión eólica en la República Mexicana. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Ortiz S., Ma. de la L., M. Anaya y J.W. Estrada Berg. 1994. Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Universidad Autónoma Chapingo-Comisión Nacional de Zonas Áridas-Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.
- Pedraza O., F.J. 2001. Desarrollo de un sistema generador de modelos altimétricos para la República Mexicana. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 2000. Estudio de erosión y degradación del suelo en la cuenca "El Josefino", municipio de Jesús María, Jalisco. México, D.F.
- Torres B., E. 2000. Comparación de los modelos de simulación hidrológica SWRRB y SWAT en la cuenca "El Tejocote". Atlacomulco, estado de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.