Degradación del suelo en una zona semiárida tropical de México

María Engracia Hernández Cerda
Instituto de Geografía, UNAM, México
Germán Carrasco Anaya
Escuela Nacional Preparatoria, UNAM
Gloria Alfaro Sánchez
Instituto de Geografía, UNAM, México

Resumen

La región semiárida tropical, del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, localizada en la parte central de México, entre los estados de Puebla y Oaxaca, cuenta con una superficie aproximada de 10 000 Kilómetros, es considerada como uno de los centros más importantes de riqueza biológica en el mundo. Parte de esta zona fue decretada en 1998 como Reserva de la biosfera. Ha sido poblada desde tiempos ancestrales y las comunidades locales han transformado grandes áreas por medio de sistemas de irrigación de cultivos extensivos. Se considera que unas de las principales causas para el deterioro del suelo es la tala que ha reflejado efectos negativos sobre los ecosistemas.

El presente trabajo, pretende establecer el estado actual de la degradación del suelo en las áreas con agricultura con clima árido, semiárido y subhúmedo seco del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, con base en la carta de Climas de México de García, donde el subhúmedo seco ocupa la mayor área (54.7%), le sigue el semiárido con el 31.1%, el árido 12.1 y el muy árido con sólo el 1.6. Para su análisis se utilizan las cartas, escala 1:250 000: Evaluación de la Degradación del Suelo causada por el hombre en la República Méxicana, 2001-2002 y la del Inventario Nacional Forestal 2005.

Introducción

En la actualidad, existe una presión creciente sobre los ecosistemas de tierras secas en cuanto al suministro de servicios como la alimentación, el forraje, el combustible, los materiales de construcción y el agua, que es necesaria para el hombre, el ganado, el riego, en la salud, entre otros. Este incremento se atribuye a una combinación de factores humanos (como la presión demográfica y el modelo de uso del suelo) y climáticos (como las sequías). Aunque la interacción de dichos factores a escala mundial y regional es compleja, sí es posible entenderla en la escala local

Aproximadamente entre el 10 y el 20% de las tierras secas a nivel mundial, se encuentran ya degradadas y, de no tomarse medidas al respecto, la desertificación pondrá en peligro futuros avances en el bienestar humano y posiblemente hará perder el bienestar ganado en algunas regiones. Por todo ello, la desertificación es en la actualidad uno de los mayores desafíos medioambientales y un obstáculo de primer orden a la hora de satisfacer las necesidades básicas del hombre en las tierras secas.

Antecedentes

En 1992 se realizó la Conferencia del medio Ambiente y desarrollo de las Naciones Unidas (UNCED) en Río de Janeiro, donde se adoptó la definición sobre desertificación como degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultado de varios factores, donde se incluyen tanto las variaciones climáticas como las actividades humanas. (Balling and Martin, 1996)

Aunque el término sequía no es mencionado en la definición se sabe que es uno de los factores más significativos que contribuyen a la degradación del suelo en las regiones áridas. Sin embargo, las actividades humanas son la principal causa de este proceso (Dregne, 2000)

En cuanto a las acciones para combatir la desertificación, en México se han realizado cientos de actividades y constituidos varios organismos como es el de la Comisión Nacional de las Zonas Áridas, CONAZA, constituida en diciembre de 1970 y sectorizada a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Es una institución técnica especializada en la planeación, regulación, dirección y diseño de las políticas y programas orientados a frenar la desertificación mediante el uso, manejo y conservación del suelo, el agua y la cubierta vegetal en tierras frágiles, con un enfoque preventivo y productivo.

Otro antecedente importante de mencionar es el trabajo de la Evaluación de la vulnerabilidad a la desertificación (Oropeza, 2004), en donde se plantea que no solamente las zonas áridas son vulnerables a la degradación del suelo, sino que prácticamente todo México (96.9%) es susceptible de ser afectado por uno o varios procesos de degradación de tierras en grado alto (48%) y moderado (48.9%)..

Consecuencias de la Desertificación

La desertificación disminuye la resistencia de las tierras ante la variabilidad climática natural. El suelo y la mayoría de los elementos de las tierras secas, en general, son resistentes, logran recuperarse después de sufrir perturbaciones climáticas y efectos provocados por el hombre. Sin embargo, cuando las tierras se degradan, esta capacidad de recuperación se reduce sustancialmente, lo que da lugar a repercusiones físicas y socioeconómicas.

En México el predominio de paisajes montañosos y el inadecuado manejo de los recursos forestales ha llevado al país a una crisis ecológica, lo que conlleva la erosión masiva del suelo. Las áreas agrícolas de temporal en el país coinciden con suelos donde las condiciones topográficas no son propicias para dicha actividad

En el 2002, 72.58% del país aún estaba cubierto por comunidades naturales en diferentes grados de alteración; el porcentaje restante había sido convertido a terrenos agrícolas, ganaderos, urbanos y otras cubiertas modificadas por el hombre. El hecho de que casi tres cuartas partes del territorio nacional aún conservaran vegetación natural no significa que permanecieran inalteradas. Según esta misma evaluación, sólo 50.8% del territorio nacional (70% de la vegetación remanente) conservaba vegetación primaria (es decir, que no presenta perturbación importante), siendo las selvas las que habían experimentado la perturbación más extensa, ya que sólo 35% de éstas (en superficie) se mantenían como selvas primarias (SEMARNAT, 2006).

Ortiz S. Ma. de la L. *et al* (1995) hacen una estimación de la degradación del suelo en cuatro categorías, (ligera, moderada, severa y muy severa), lo que refleja que todos los estados de la República sufren deterioro en su territorio: destacan Tabasco 85%, Jalisco, Colima 75%, Michoacán y Campeche 70%, Aguascalientes y Veracruz 55%, Quintana Roo con 60% en grado muy severo.

En 1999, en la memoria del Mapa de la evaluación de la degradación del suelo, escala 1:1000 000 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Colegio de Postgraduados, 2001-2002), se reporta que el 64% de los suelos del país presentan problemas de degradación en diferentes niveles, el 13% corresponden a terrenos de desiertos, terrenos rocosos o zonas abandonadas improductivas, y tan sólo el 23% del territorio nacional cuenta con suelos que mantienen actividades productivas sustentables (sin degradación aparente).

La más reciente evaluación oficial muestra que los suelos afectados por algún tipo de degradación representan 45% del área total del país; de esta superficie 5% presenta un deterioro severo o extremo y 95% queda ubicado dentro de los márgenes de ligero a moderado (SEMARNAT, 2006).

Zona de estudio

El valle de Tehuacán-Cuicatlán se localiza en el centro sur del país, aproximadamente a 180 km al sureste de la Cd de México. Abarca el extremo sureste del estado de Puebla y noroeste del estado de Oaxaca, entre los 17° 39' 18° 53'de latitud norte y los 96° 55’ y 97° 44’ de longitud oeste. La orientación general del valle es nor-noroeste a sur-sureste: El extremo noroeste; es una extensión meridional de la Meseta de Anáhuac; aquí el valle es amplio y con mayor altitud, en cambio en el extremo sur se presenta más estrecho y con menor altitud, esto se debe a la presencia de una serie de escalonamientos que originan un gradiente descendente de norte a sur (Fig. 1).

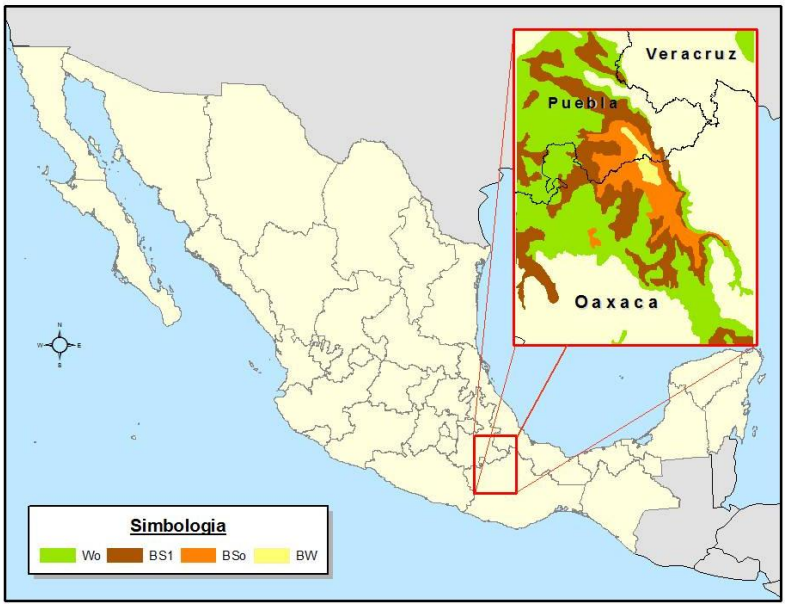

Fig. 1 Localización de la zona de estudio.

Al norte el valle se encuentra limitado por el Pico de Orizaba con altitudes mayores a 4000m y al este es bordeado por las estribaciones de la Sierra Madre oriental que reciben los nombres de Sierra Zongolica con altitudes de más de 3000m y sierra Mazateca al sureste, la cual alcanza de 2500 a 3000msnm. al sur y oeste se localizan la sierra de Zapotitlán y otras cordilleras que pertenecen a la Mixteca Alta o sierra Mixteca. Estas montañas tienen una elevación máxima de 2500m.

Dentro de la zona se encuentra una red hidrológica formada al norte por el río Salado y al sur por los ríos Tomellín, de las Vueltas y Grande. todas las corrientes

confluyen en la parte más baja del valle cerca de Quiotepec para formar el río Quiotepec o Santo Domingo, que corta la Sierra Madre Oriental y vierte sus aguas en el río Papaloapan.

El aislamiento en el que se encuentra el valle de Tehuacán-Cuicatlán, hacen que se presente una gran diversidad y endemismo de plantas. Esta zona se caracteriza por su gran riqueza de formas de vida de especies silvestres en donde sobresale la alta concentración de especies endémicas de flora, sobre todo de especies de plantas vasculares tales como compuestas, cactáceas, leguminosas, bromeliáceas y crasuláceas.

Predomina la vegetación de selva baja caducifolia en el valle y bosque de encino en las partes altas. Al norte se presenta una gran diversidad de vegetación, predominando la de matorral desértico rosetófilo rodeado de fragmentos de agricultura de riego y de temporal y algunas porciones de matorral crasicaule. También está considerada como un área relicto de especies silvestres, así como la que presenta mayor concentración de cactáceas columnares del mundo. Por ello se localiza la reserva de la biosfera (Tehuacán-Cuicatlán), una de las regiones más ricas en recursos vegetales de México.

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán ha estado poblado desde tiempos ancestrales, investigaciones antropológicas han encontrado vestigios humanos de 7.000 a.C (MacNeish 1972). Estos hallazgos han contribuido enormemente a entender los procesos del origen y expansión del cultivo de plantas y la domesticación del maíz (*Zea mays*), el mismo que llevó al sedentarismo, desarrollo de la cultura y establecimiento de las civilizaciones.

El valle de Tehuacán ha sido irrigado por cerca de 2.000 años. Las comunidades locales han transformado grandes áreas por medio de sistemas de irrigación de cultivos extensivos. Las tecnologías de captura de agua incluyen no solo el uso de

aguas superficiales en una larga red de canales, sino también el uso de túneles o galerías para obtener el recurso de los mantos acuíferos (Enge y Whiteford 1989).

La agricultura en el valle de Tehuacán es de dos tipos: una se realiza en las zonas altas de encino-pino que rodean las montañas sobre los 1.800 m y la otra se realiza como agricultura intensiva del valle en las áreas aluviales de los cañones y ríos. Los cultivos que se cosechan son el de maíz, haba, calabaza, tomate, chícharo, pimienta, caña de azúcar, alfalfa, piña, limón, melón, ajo y sorgo.

Metodología

Este trabajo se realizó con base en la definición sobre desertificación como "degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultado de varios factores, donde se incluyen tanto las variaciones climáticas como las actividades humanas".

Para esto se utilizó la carta de climas de Comisión Nacional de la Biodiversidad CONABIO, escala 1: 1 000 000, 1998, con información aproximadamente al año 1995, la cual se basa en el Sistema de Clasificación de Köppen Modificado por García (1964), por considerarla que establece con bastante confiabilidad la delimitación de las zonas climáticas. Es importante mencionar que algunos de los criterios que se utilizaron para la delimitación de los nuevos subtipos climáticos de este sistema de clasificación climática, precisamente estuvieron basados en la distribución de algunas comunidades de vegetación (García , op cit).

De este mapa se obtuvo el grado de humedad, el cual se simplificó de la siguiente forma: se agruparon todos los subtipos: muy húmedos, húmedos, subhúmedos húmedos y subhúmedos intermedios.

Las condiciones de humedad restantes y los colores utilizados para señalarlos fueron: subhúmedos secos (**wo**), en color verde claro, semiáridos (**BS1**), en color sepia; áridos (**BSo**), en color naranja y los muy áridos (**BW**), en color amarillo.

Otra fuente cartográfica utilizada fue la Evaluación de la degradación del suelo, causada por el hombre en la República mexicana. Escala 1: 250 000, 2001-2002, que utilizó la metodología ASSOD (por sus siglas en inglés Assessmente of Soil Degradation, Evaluación de la Degradación del Suelo), que es una modificación de la denominada GLASOD (por sus siglas en inglés Global Assessmente of Soil, Degradation, Evaluación Global de la Degradación del suelo). Esta última adoptada por la FAO a nivel mundial y por el Inventario Nacional de Suelos de la Dirección General de Restauración y Conservación de Suelos (DGRyCS) dependiente de la SEMANART (SEMANART-CP, 2001-2002).

En este mapa se reconocen dos grandes categorías de procesos de degradación del suelo: la degradación por desplazamiento del material del suelo, que tiene como agente causativo a la erosión hídrica o eólica y la degradación resultante de su deterioro interno, que considera en la actualidad a los procesos de degradación física y química. (SEMANART-CP, op cit)

Este material cartográfico se simplificó agrupando los tipos de degradación dominante para dejar los siguientes: erosión eólica (**E**), hídrica (**H**), física (**F**) y química (**Q**), se eliminaron los procesos asociados a él.

El nivel de afectación de la degradación del suelo fue evaluado en términos de la reducción de la productividad biológica de los terrenos, por tanto se consideraron cuatro niveles:

1 Ligero: los terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales presentan alguna reducción apenas perceptible en su productividad

2 Moderado: los terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales presentan una marcada reducción en su productividad.

3 Fuerte: los terrenos a nivel de predio o de granja, tienen una degradación tan severa, que se pueden considerar con productividad irrecuperable a menos que se realicen grandes trabajos de ingeniería para su restauración.

4 Extremo: su productividad es irrecuperable y su restauración materialmente imposible.

Por tanto, se incluyeron las siguientes unidades:

SN, estable bajo condiciones naturales: influencia humana (casi) ausente sobre la estabilidad del suelo y gran cobertura de vegetación no disturbada. Nota: algunas de estas áreas pueden ser muy vulnerables a pequeños cambios que afectan el equilibrio natural. .

NU, tierras sin uso: tierras sin vegetación y con influencia humana (casi) ausente sobre la estabilidad del suelo; se consideraron: desiertos, regiones áridas montañosas (**NUm**), afloramientos rocosos (**NUr**), dunas costeras y planicies salinas. Se pueden presentar en ellas procesos de degradación en forma natural.

Para el estudio de la degradación de las zonas con agricultura se utilizó la cartografía digital del Inventario Forestal Nacional, escala 1.250 000 (2000)

El análisis de los mapas antes mencionados, así como el cruce de estos se realizó con base en un Sistema de Información Geográfica (ArcGis 9.3).

Análisis de resultados.

En primer lugar, como se observa en el cuadro número 1, el clima subhúmedo seco (wo), es el que cubre más de la mitad de la superficie (54.7%) y el de menor es el clima muy árido (BW), con menos del 2%.

Tipos climáticos (%)				
wo	**BS1**	**BSo**	**BW**	**Total**
10,477.29	6,059.58	2,312.26	315.00	19,164.13
54.7	31.6	12.1	1.6	100.00

Cuadro 1. Superficie (%) de los tipos climáticos

Superficie afectada en %					
E	**F**	**H**	**Q**	**NU**	**SN**
8.0	1.5	16.2	16.1	32.8	25.3

Cuadro 2. Superficie afectada por los tipos de degradación del suelo en porciento.
Eólica (**E**), Física (F), Hídrica (H) y Química (**Q**) y las unidades: Tierras sin uso (**NU**) y Estable bajo condiciones naturales (**SN**).

En el cuadro 2 se muestra que el área de estudio es afectada por los cuatro tipos de degradación definidos para México, si bien se observa que las tierras sin uso (NU), son las que ocupan la mayor extensión (33%) que corresponden a regiones áridas montañosas, con un nivel de afectación de extremo. Le sigue en segundo lugar la condición de estable bajo condiciones naturales (SN), ésta se caracteriza por una casi ausente influencia humana sobre la estabilidad del suelo y gran cobertura de vegetación no disturbada. Es importante señalar, que algunas de estas áreas pueden ser muy vulnerables a pequeños cambios que afectan el equilibrio natural, presentan una reducción de la productividad biológica de ligera.

Degradación del suelo por tipo climático (%)				
Tipo	**Wo**	**BS1**	**BSo**	**BW**
E	8.9	7.6	5.0	10.3
F	1.8	1.8	0.1	0.0
H	17.9	17.3	7.8	0.8
Q	29.9	29.9	49.9	61.5
UN	14.7	18.9	14.1	27.3
SN	26.9	24.5	23.1	0.1

Cuadro 3. Superficie (%) de degradación del suelo por tipo climático.

En cuanto a la degradación del suelo, por tipos climáticos (cuadro 3), se observa que la erosión química es la que afecta la mayor área, si bien es mayor al 50% de la superficie en las zonas con climas árido y muy árido, sin embargo el nivel de afectación es ligero en más del 75% de esta superficie. Es menor la superficie degrada por erosión física pero con una reducción de la productividad biológica extrema (nivel 4) en los climas semiáridos (46%) y áridos (67%), (cuadro 4).

En cuanto a la afectación del suelo por erosión eólica, el valor más alto (10.3%), corresponde al clima muy árido y con un nivel de afectación moderado; coincide a nivel nacional, donde este tipo de erosión afecta al 15% del territorio principalmente en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas.

	E				F				H				Q			
Tipo	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
wo	49.2	50.8	0.0	0.0	83.6	2.2	2.3	11.9	73.8	25.6	0.6	0.0	76.0	24.0	0.0	0.0
BS1	40.8	50.7	0.0	0.0	42.7	10.2	1.2	45.9	71.1	28.6	0.3	0.0	82.4	17.6	0.0	0.0
BSo	3.1	83.9	0.0	0.0	33.3	0.0	0.0	66.7	80.2	19.8	0.0	0.0	78.0	22.0	0.0	0.0
BW	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	76.6	23.4	0.0	0.0

Cuadro 4. Superficie afectada por niveles de intensidad de degradación y tipo climático (%). Ligero(**1**), Moderado(2), Fuerte(**3**), Extremo(**4**).

En el análisis que se hizo con el tipo de uso del suelo y vegetación en relación con los tipos de climas, se obtuvo que en la zona de trabajo se presentan los tipos de vegetación que se muestran en la gráfica (figura 2), donde se observa que la superficie ocupada por la agricultura es mayor del 30% en los climas subúmedos secos y semiáridos, el otro valor importante de extensión es el correspondiente a la selva baja caducifolia, que abarca aproximadamente el 50% en los climas áridos y muy áridos.

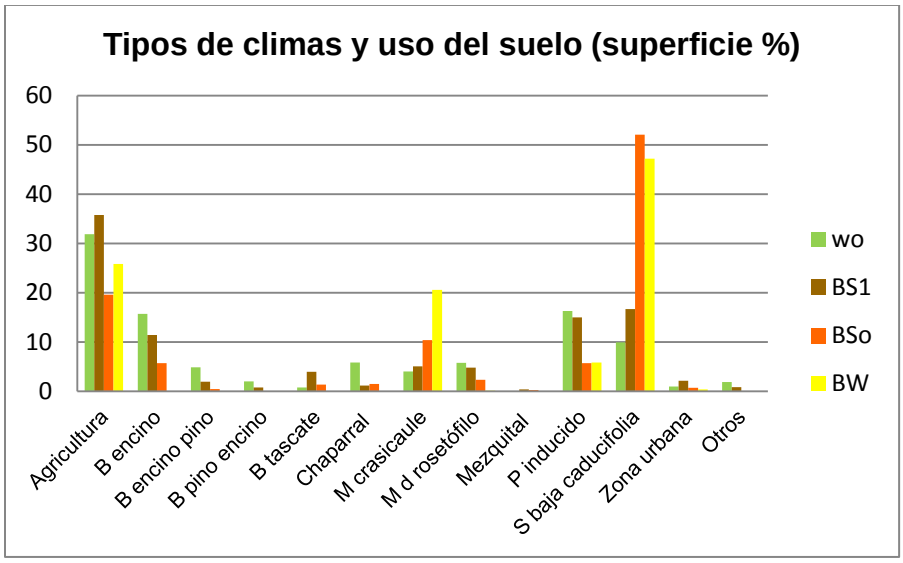

Fig. 2. Superficie ocupada por los diferentes tipos de uso de suelo y vegetación existentes en cada tipo climático (%).

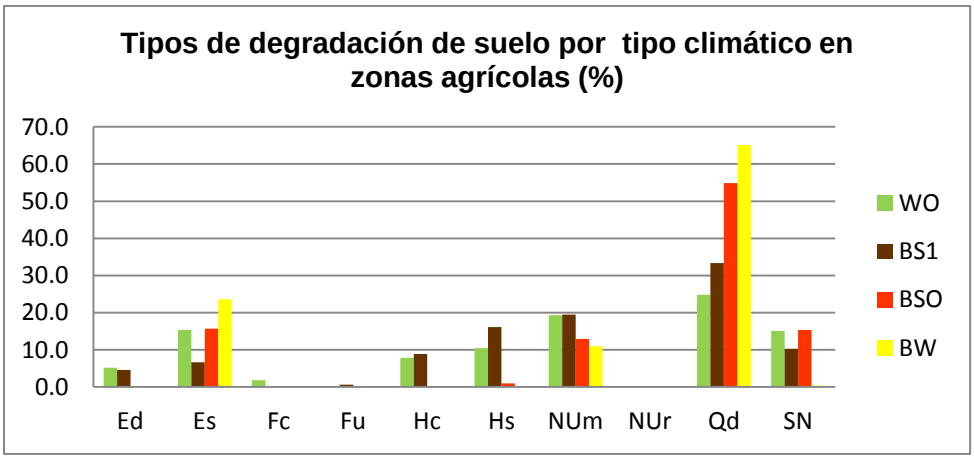

Fig. 3. Superficie afectada por tipo y causa de degradación en zonas agrícolas. Deformación del suelo por acción del viento (**Ed**), pérdida del suelo superficial por acción del viento (**Es**), compactación (**Fc**), pérdida de la función productiva (**Fu**), erosión hídrica con deformación del terreno (**Hc**)

En la figura 3, se muestra, como es de esperarse, que el área de estudio es afectada principalmente por la erosión química en los cuatro tipos de climáticos analizados, en donde más del 60% del área cultivada es en los climas muy áridos y más de la mitad en los áridos. Esta situación implica la declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, por el decrecimiento neto de nutrimentos y materia orgánica disponibles en el suelo, que provocan una disminución en la productividad.

Las posibles causas son el balance negativo de nutrimentos y materia orgánica entre las salidas, representadas por los productos de las cosechas, de las quemas, las lixiviaciones, etc., y las entradas, entendidas como la fertilización o el estercolamiento, la conservación de los residuos de cosecha y los depósitos de sedimentos fértiles.

La erosión eólica es la que ocupa el segundo lugar en cuanto a la afectación, más del 23% en los muy áridos y más del 15% en los subhúmedos secos y áridos, esto da lugar a la disminución del espesor del suelo superficial (horizonte A), debido a la remoción uniforme del material del suelo por la acción del viento. Las posibles causas son la insuficiente protección de la cubierta vegetal o del suelo contra el viento, por deficiente humedad o por la destrucción de la estructura del suelo.

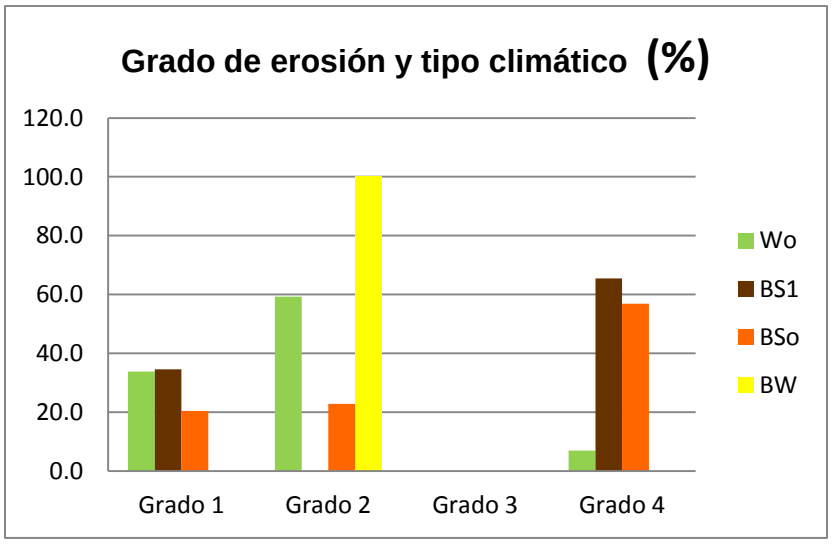

Figura 4. Superficie afectada por niveles de intensidad de degradación y tipo climático (%). Ligero (**1**), Moderado (**2**), Fuerte (**3**) y Extremo (**4**).

El nivel de afectación de la degradación del suelo es moderada (2), en toda la superficie cultivada en los climas muy áridos y en casi el 60% en los subhúmedos secos, esto implica que los terrenos aptos para sistemas forestales pecuarios y agrícolas locales presentan una marcada reducción en su productividad. (figura 4).

En más de la mitad del área agrícola en los semiáridos (65%) y en los áridos (57%), el grado de afectación es extremo (4), es decir que la productividad es irrecuperable y su restauración materialmente imposible.

Al no presentarse condiciones de afectaciones extremas en los climas muy áridos, es posible decir que no se tienen condiciones desérticas en la zona de estudio, si bien es importante señalar la pérdida de productividad que se encontró, lo cual se puede atribuir a la problemática ambiental que enfrenta la zona como es la presencia de ganadería caprina, la basura generada en las ciudades más grandes como Tehuacán y Zapotitlán que se deposita en esta zona en basureros clandestinos. Los proyectos de irrigación eliminan el acceso de agua para la fauna. Además el desarrollo de carreteras que se han y se siguen construyendo.

Conclusiones

Todos los procesos de erosión de suelo se presentan en la zona de estudio, pero el más importante es la química que afecta principalmente a los climas muy áridos, en forma particular las zonas agrícolas.

No existen condiciones de desierto, ya que no se presentan afectaciones extremas de erosión en las zonas con clima muy árido, si bien en más de la mitad de las zonas agrícolas situadas en climas semiárido y árido, la pérdida de la productividad es irrecuperable y su restauración es materialmente imposible.

Esta situación se debe principalmente a la afectación ambiental que se presenta en el área analizada, originada por la explotación de mantos acuíferos, agricultura de riego y a la ganadería caprina.

Bibliografía

Balling,Jr. R. C. and Martin, A. J. W. 1996. Interactions of Desertification and Climate. World Meteorological Organisation. United Nations Environmental Programme. Arnold. Member of the Hodder Headline Group. London. 270pp.

Bruins, J. H. and Berliner, R. P. 1998. Aridity, Climatic variability and Desertification. **In**: Bruins, J. H. and Harvey, L. (Ed). The arid frontier: interactive management of environment and development. Kluwer Academic. Israel. 100-112.

CONAZA (Comisión Nacional de las Zona Áridas). 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México (PACD-México). CONAZA. Secretaría de Desarrollo Social. México. 160p.

Enge, K.I. y Whiteford, S. 1989. The keepers of water and earth: Mexican rural social organization and irrigation. University of Texas Press, Austin.

Dregne, E. H. 2000. Drought and Desertification. Exploring the linkages. In: Drought, A global Assessment. Wilhite, D. A. (Ed). Routledge Hazards and Disasters Series. London and New York. 2. 231-240.

Inventario Forestal Nacional, 2000. Cartografía digital, escala 1:250 000. Instituto de Geografía, UNAM e Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

MacNeish, R.S. 1972. Summary of the cultural sequence and its implications in the Tehuacán Valley, In: MacNeish, R.S. et al., The prehistory of the Tehuacán Valley. Vol 5: Excavations and reconnaissance. University of texas Press, Austin.

Oropeza, O. O. 2004. Evaluación de la vulnerabilidad a la desertificación. En: Martínez, J y Fernández, A. (Ed.). Cambio Climático: una visión desde México. SEMARNAT. Instituto Nacional de Ecología. México. 303-313.

Ortiz S. Ma. de la L. Anaya, G. M. y Estrada B. W. J. W. 1995. Evaluación, cartográfica y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Colegio de Posgraduados. Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA) Montecillo, México.

SEMARNAT - CP. 2001-2002. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000. Memoria Nacional. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. México. 69p.

SEMARNAT, 2006. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales 2005. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.