

# Evaluación de los procesos de desertificación en una cuenca hidrológica del NE de México

Marisela Pando Moreno, Maritza Gutiérrez G., Alfonso Maldonado H., Enrique Jurado Y.\*

Entre los problemas más serios que afectan el futuro de la humanidad están la disminución en la capa de ozono, el cambio climático, pérdida de biodiversidad y desertificación. A diferencia de las otras tres, ésta última puede manejarse a menor escala ya que es posible detectar las etapas de daños iniciales y adecuar el manejo de manera que la degradación se detenga o inclusive se revierta a nivel local.<sup>1</sup> Sin embargo, cuando la desertificación alcanza niveles extremos, se vuelve prácticamente irreversible; la reconstrucción de los suelos, en forma natural, requiere de cientos y hasta miles de años.<sup>2</sup>

A pesar de la historia controversial que el término "desertificación" ha tenido,<sup>3</sup> existe consenso en que éste incluye una serie de procesos que conducen al empobrecimiento de los suelos y de la vegetación, tales como la erosión o la pérdida de fertilidad del suelo. No obstante, persiste un fuerte debate sobre si este término queda restringido a los ambientes áridos y semiáridos<sup>3,4,5,6,7,8</sup> y sobre la definición precisa del término, considerando las diferentes escalas de tiempo y espacio, así como la gravedad del fenómeno.

Algunos autores consideran el término "desertificación" como sinónimo de "degradación de tierras"<sup>9</sup> y lo definen como la destrucción del potencial biológico de los recursos naturales, debido a su uso inadecuado, lo cual trae como consecuencia procesos degenerativos de las condiciones físicas, biológicas, económicas y sociales de los habitantes del área y sus alrededores.

Los procesos de desertificación no son un fenómeno nuevo; Platón, hace más de 2,000 años, describió sus efectos en las montañas del Ática. La actual presión demográfica, aunada al poder de la tecnología moderna, ha multiplicado su poder devastador, haciendo de éste uno de los problemas

más críticos de nuestra época.<sup>10</sup>

Aun cuando se acepta que la desertificación es un problema grave a nivel global, resulta difícil presentar el panorama mundial de ésta y sólo se reportan estimaciones muy generalizadas. Se reportan cifras que van de los 2,000 millones de hectáreas, con un grado por lo menos moderado de desertificación,<sup>11</sup> hasta alrededor de 3,249 millones de hectáreas.<sup>4</sup>

En el caso de México, las estimaciones existentes sobre la superficie desertificada a nivel nacional son, igualmente, muy generales e inconsistentes, tanto en la cuantificación de las áreas afectadas, como en la determinación de los factores responsables de la desertificación y la gravedad de ésta, en cada caso. De acuerdo con las cifras presentadas en la Conferencia Regional Latinoamericana sobre la Convención de Lucha contra la Desertificación, en 1996, una de cada cinco hectáreas del territorio nacional presenta una degradación severa<sup>1</sup>, lo que equivale al 20% de la superficie total del país. Esto contrasta con los datos presentados en el informe del Plan de Acción Contra la Desertificación de México (PACD-México), donde se reporta, en 1993, que el 60% del país presenta un grado severo de degradación.<sup>7</sup>

Los intentos por evaluar la desertificación a nivel mundial, o inclusive nacional, han producido escasos resultados,<sup>8</sup> debido a la gran variabilidad que presenta el fenómeno en los diferentes países, e incluso al interior de éstos, lo cual dificulta analizar y sintetizar los resultados.

Es por ello, que en esta investigación se propuso un estudio del caso a nivel de microcuenca, lo cual

\* Facultad de Ciencias Forestales, UANL. AP 41, CP 67700, Linares, Nuevo León, México.  
E-mail: mpando55@hotmail.com

facilita la comprensión de los procesos de desertificación y permite, en mayor medida, la interacción con los habitantes de la zona y, en su momento, la aceptación de las medidas de rehabilitación que pudieran sugerirse a partir de este estudio. En él, se evalúa el tipo y grado de desertificación predominante en la microcuenca y se determinan, asimismo, los factores (geomorfológicos, edafológicos y de uso de suelo) asociados a los mayores niveles de desertificación.

La microcuenca está ubicada en la región hidrológica número 25 (RH25), denominada San Fernando-Soto la Marina, dentro de la cuenca del Río San Fernando y en la subcuenca del Río Potosí, en las coordenadas 24° 54' 00" y 24° 56' 54" norte y 99° 47' 20" y 99° 52' 33" oeste, a 20 kilómetros al noroeste de la ciudad de Hualahuises, Nuevo León (figura 1).

La mayor parte de la microcuenca la ocupa el ejido Loma Alta; y una pequeña porción el ejido La Estrella, así como varias propiedades particulares. El ejido Loma Alta tiene una superficie total de 2,420 hectáreas y una población de 286 habitantes<sup>12</sup> y la microcuenca de captación de la presa La Estrella tiene una superficie total de 23.13 km<sup>2</sup>.

El área de estudio tiene origen sedimentario; entre los materiales aflorantes dominan los sedimentos marinos no consolidados (arcillas, arenas y conglomerados), cuya edad aumenta conforme su distancia respecto de la costa: desde cuaternarios (aproximadamente dos millones de años), pasando por

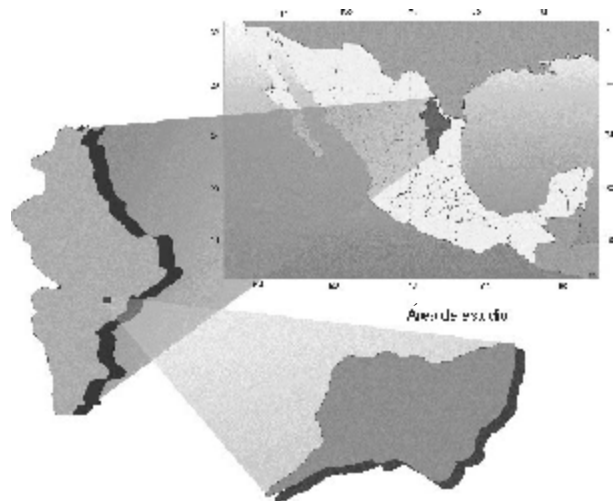


Fig. 1. Ubicación del área de estudio.

pliocénicos, oligocénicos y eocénicos del Terciario, hasta cretácicos superiores (alrededor de 70 millones de años).<sup>13</sup>

Los tipos de suelo presentes en el área son: regosol, vertisol, luvisol y litosol, siendo éste último el predominante; todos ellos de textura fina.<sup>14</sup>

El tipo de vegetación más abundante en la microcuenca es el matorral submontano, para el cual se registraron, como dominantes, las siguientes especies: *Dyospiros palmeri* Scheele (chapote manzano), *Acacia rigidula* Benth (gavia), *Havardia pallens* (Benth) Standl. (tenaza), *Zanthoxylum fagara* (L) Sarg. (colima) y *Croton cortesianus* H.B.K. (palillo). El segundo tipo de vegetación dominante es el bosque de encino-pino, aunque también se encuentran extensas áreas cubiertas por vegetación secundaria (principalmente de *Acacia rigidula* y *Acacia farnesiana*) en áreas donde se encontraba el matorral submontano. Se presentan también áreas destinadas a la agricultura de temporal y grandes extensiones de suelo desnudo.<sup>15</sup>

## Metodología

Mediante recorridos de campo, se identificó a la erosión hídrica como el tipo predominante de desertificación en la microcuenca (figura 2); en función de lo cual se definió la metodología que se detalla en seguida.

El diseño experimental que se utilizó fue un muestreo sistemático estratificado, basado en la clasificación geomorfológica del área; la cual se realizó mediante la digitalización de las cartas edafológica y geológica y la interpretación de las formas del re-



Fig. 2. Erosión hídrica en la microcuenca, manifiesta por la presencia de cárcavas y pedestales.

lieve en las fotografías aéreas escala 1:75,000 de 1996. Las unidades delimitadas en las fotografías fueron transferidas a un mapa topográfico escala 1:50,000 y posteriormente digitalizadas, utilizando el programa *PC Arc/Info*<sup>®</sup>. Con esto, se generó un mapa de unidades de relieve de la microcuenca, al cual se superpusieron, nuevamente mediante su digitalización, las cartas edafológica y geológica, escala 1:50,000, editadas por el INEGI en 1975.

Una vez trazados los límites de las unidades geomorfológicas, se colocó sobre el mapa de la microcuenca una malla reticular, cuyas intersecciones marcaban los puntos de muestreo, equidistantes a 500 metros. De cada punto de muestreo se obtuvieron las coordenadas UTM, para facilitar su ubicación exacta en el terreno mediante el uso de un geoposicionador (GPS).

Para estimar la pérdida de suelo superficial, se utilizó el método de los clavos con rondanas,<sup>16</sup> el cual consiste en utilizar clavos de 30 centímetros de largo con rondanas holgadas, que se colocan cuidadosamente a lo largo de un transecto a intervalos regulares, de manera que la rondana descansa sobre la superficie del suelo y la cabeza del clavo la toque ligeramente. El propósito de las rondanas es marcar cortes en el terreno ocasionados por erosión, y de esta forma medir el espesor de la capa de suelo perdida en un determinado período de tiempo. Se colocaron 44 clavos distribuidos de manera sistemática a través de todas las unidades geomorfológicas.

En cada uno de estos sitios se colectaron muestras de suelo a 4 cm de profundidad, para determinar en el laboratorio la densidad aparente y, con ello, cuantificar las pérdidas de suelo en toneladas por unidad de superficie.

Con base en la clasificación geomorfológica del área y los datos de pérdida de suelo promedio, reportados para cada unidad, se generó un mapa de zonificación de la microcuenca en función del nivel de desertificación. Además, mediante fotointerpretación, se delimitaron los usos de suelo y vegetación actual y se elaboró un mapa para interpretar la relación entre éstos y los procesos de desertificación.

## Resultados y discusión

Con la estratificación realizada en la microcuenca de estudio, resultaron siete unidades geomorfológicas, además de la presa La Estrella (tabla 1 y figura 3). El relieve predominante en la microcuenca es la

pendiente suave, la cual cubre el 54% del área, seguido por la pendiente tendida con un 25.5% y la pendiente media con un 17.2%; mientras que la presa La Estrella ocupa un 3.3% de la superficie de la microcuenca.

Tabla 1. Superficie ocupada por cada unidad geomorfológica de la microcuenca

Clave	Descripción	Área (ha)	Media (%)
SULULUT	Pendiente suave, luvisol, lutita	620.65	26.8
TELILUT	Pendiente tendida, litosol, lutita	570.80	24.7
MELILUT	Pendiente media, litosol, lutita	398.76	17.2
SURELUT	Pendiente suave, regosol, lutita	284.27	12.3
SULILUT	Pendiente suave, litosol, lutita	209.62	9.1
SUVELUT	Pendiente suave, vertisol, lutita	133.73	5.8
PRESA	Presa La Estrella	77.01	3.3
TELULUT	Pendiente tendida, luvisol, lutita	18.12	0.8
TOTAL		2,313	100



Fig. 3. Unidades geomorfológicas delimitadas en la microcuenca.

Las lecturas realizadas en cada clavo de muestreo (44 en total) expresadas en milímetros (tabla 2) fueron transformadas a toneladas por hectárea (Ton ha<sup>-1</sup>). Para ello, se multiplicó la lectura de campo (convertida a metros) por la densidad aparente promedio estimada para cada unidad geomorfológica. Posteriormente, estos valores fueron multiplicados por la superficie ocupada por cada unidad geomorfológica, para calcular las pérdidas de suelo por unidad y las pérdidas totales para la microcuenca (tabla 3).

UNIDAD GEOMORF.	Clavos												$\bar{x}$	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
MELILUT	0	0	0	0	5	5	2							1.7
TELILUT	0	0	0	0	3	5	10	0	0	0	10	4		2.7
SULILUT	0	0	0	0	0	0	10	15	0					2.7
SURELUT	0	15	50	0	0	0	0	10	0					8.3
SULULUT	0	0	0	3	10	0	0							1.9

La pérdida de suelo promedio para el área evaluada (90% de la superficie de la microcuenca) fue de 38.6 Ton ha<sup>-1</sup>, en el periodo de un año. Esta cifra contrasta fuertemente con los valores reportados para regiones montañosas con cobertura vegetal "normal", que van de 1 a 5 Ton ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>,<sup>17</sup> por lo que se deduce que la microcuenca de captación de la presa La Estrella se encuentra bajo un proceso de desertificación severa.

Unidad geomorfológica	Superficie (ha)	Pérdida (Ton ha <sup>-1</sup> )	Pérdida total
MELILUT	398.8	22.3	8,909.2
TELILUT	570.8	31.4	17,951.7
SULILUT	209.6	38.9	8,155.5
SURELUT	284.3	99.8	28,378.8
SULULUT	620.7	27.7	17,212.0
TOTAL	2,084.2	38.6	80,607.2

Los valores de erosión aquí obtenidos podrían parecer moderados, si se comparan con lo reportado para otras áreas, principalmente cuando los valores han sido obtenidos por métodos indirectos. Por ejemplo, utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), se han reportado valores de erosión desde 492 Ton ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> hasta 1,296 Ton ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>.<sup>18</sup> Sin embargo, los datos reportados a partir de mediciones directas en campo parecen ser más concordantes con los valores obtenidos en esta in-

vestigación. Utilizando el método de clavos con rondanas, se reportan valores de erosión de 151.7 Ton ha<sup>-1</sup> para áreas con pendientes mayores a 30% y de 15 Ton ha<sup>-1</sup> para zonas de pendiente entre 0 y 8%, en áreas con escasa o nula vegetación.<sup>19</sup>

Por lo regular, se asume que la pendiente tiene un fuerte peso en la

magnitud de la erosión que se presenta; sin embargo, en este caso, la unidad geomorfológica con mayor pendiente (MELILUT, entre 15° y 35° de pendiente) registró el valor más bajo (22.3 Ton ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>) de erosión, siendo la más distante del poblado y con mayor cobertura vegetal.

La combinación del fuerte impacto antropogénico, con un tipo de suelo poco estructurado, como es el regosol, parecen ser los factores que determinan, en mayor medida, la magnitud de este tipo de desertificación. Por lo menos así lo evidencian los datos obtenidos, donde la unidad geomorfológica SURELUT, que presentó los valores más altos de pérdida de suelo (99.8 Ton ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>) y, por ende, de desertificación (figura 4), corresponde a una pendiente suave (2-5°), suelo de regosol, con muy escasa cobertura vegetal (< 30%) y evidencias de sobrepastoreo. Esto concuerda con lo reportado por otros autores, quienes estiman que si la cobertura del suelo decrece de 100 a 1%, los valores de erosión se incrementan en aproximadamente 200 veces.<sup>20</sup>

La zonificación de la microcuenca, en función del grado de desertificación (figura 4), permite detectar que las áreas más cercanas al centro de población presentan los valores más altos de desertificación, a pesar de encontrarse éstas en pendientes suaves de entre 2 y 5°. Estas conclusiones deben conducir al replanteamiento de las fórmulas utilizadas en los métodos indirectos de estimación de la pérdida de suelo, donde no se incluye el factor de "impacto antropogénico", el cual pudiera estimarse en función de la distancia a los centros de población. Evidentemente, será necesario realizar otros trabajos similares antes de poder determinar la inclusión de esa nueva variable y la ponderación que debe darse a la misma.

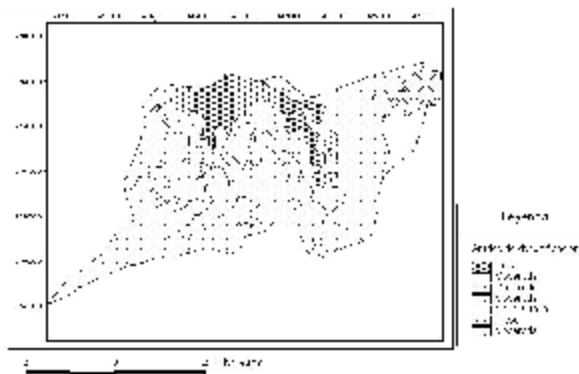


Fig. 4. Zonificación de la microcuenca en función del grado de desertificación, de acuerdo con la clasificación de FAO (1979).

## Agradecimientos

Al Programa de Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica (PAICYT), por el financiamiento recibido para la realización parcial de esta investigación (proyecto CT631-01).

## Resumen

Se evaluó el tipo y grado de desertificación en una microcuenca y se identificaron los factores geomorfológicos, edáficos y de uso de suelo asociados a ésta. La erosión hídrica fue el tipo de desertificación predominante, con una pérdida de suelo promedio de  $38.6 \text{ Ton ha}^{-1}$ . Las áreas más cercanas al centro de población presentaron la mayor desertificación, a pesar de encontrarse éstas en pendientes suaves. La combinación del fuerte impacto antropogénico, con un tipo de suelo poco estructurado, como es el regosol, parecen ser los factores que están determinando, en mayor medida, la magnitud de este tipo de desertificación.

*Palabras clave:* Desertificación, Erosión, Suelo, Geomorfología, México.

## Abstract

Degree and type of desertification were evaluated in a micro-watershed with associated geomorphologic, edaphic and land use factors being identified. Run off erosion was the main desertification process affecting the area, with an average soil loss of  $38.6$

$\text{Ton ha}^{-1}$ . The most degraded areas were found near to the population center even though these areas lay on a gentle slope. The association of anthropogenic impact and a the lack of well structured soils, such as regosols, seem to be the determining factors leading to this type of desertification.

*Keywords:* Desertification, Erosion, Soil, Geomorphology, Mexico.

## Referencias

1. Pando M, E. Jurado, J. Navar y M. Manzano. 1996. Considerations for Evaluating Land Degradation in Northeast Mexico. V International Conference on Desert Development. Lubbock, Texas, USA.
2. Carabias, J. 1996. Conferencia Magistral presentada en el acto de inauguración de la Segunda Conferencia Regional Latinoamericana y del Caribe sobre la Convención de Lucha contra la Desertificación. México, D.F.
3. Medellín-Leal, F. 1978. La desertificación, problema de alcance mundial. En: La desertificación en México.
4. Dregne, H.E. 1983. Desertification of arid lands. Texas Tech University. Harwood Academic Publishers. United States.
5. Grainger, A. 1992. Characterization and assessment of desertification process. En: Desertified Grasslands. Academic Press Limited, London NW1 7DX, UK.
6. Mainguet, M. 1994. Desertification: Natural Back-ground and Mismanagement. 2nd Edition. Springer-Verlag. Germany.
7. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México (PACD-México). Secretaría de Desarrollo Social, Comisión Nacional de Zonas Áridas, Saltillo, Coahuila, México.
8. Toulmin, C. 1995. The Desertification Convention: strategic agenda for the EU. Briefing Paper of the International Institute for Environment and Development. No1. London, UK.
9. Ortiz, M., M. Anaya-Garduño y J.W. Estrada. 1994. Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la Tierra. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo y Comisión Nacional de Zonas Ári-

- das, México, D.F.
10. Roldán A. y D.J. Trueba. 1978. Factores ecológicos y sociales de la desertificación. En: *La desertificación en México*. U.A.S.L.P., I.I.Z.D.. San Luis Potosí, S.L.P.; México.
  11. Mabbutt, J.A. 1984. A new global assesement of the status and trends of desertification. *Environmental Conservation*.
  12. INEGI. 1990. Censo General de Población y Vivienda para el estado de Nuevo León. Datos por localidad, México.
  13. INEGI. 1986. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León, México, D. F.
  14. INEGI. 1977. Carta edafológica. G14C57. Escala 1:50,000. Primera edición. México, D.F.
  15. Castillo, D. 2000. Evaluación del germoplasma en el suelo en un ecosistema con alto grado de desertificación en el noreste de México. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales, UANL.
  16. Colegio de Posgraduados. 1991. Manual de conservación del suelo y del agua. Tercera edición. Chapingo, México.
  17. Pimentel D. y N. Kounang. 1998. Ecology of soil erosion in ecosystems. *Collage of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, New York, USA. In Ecosystems*.
  18. Maass M. y F. García-Oliva. 1990. La conservación de suelos en zonas tropicales: el caso de México. *Revista Ciencia y Desarrollo*, volumen XV, número 90.
  19. Torres J. 1987. Ecología y uso de los recursos naturales renovables de la cuenca del río San Marcos, Tamaulipas, México. Facultad de Ciencias, UNAM. Tesis.
  20. Trimble W. y A. Mendel. 1995. The cow as a geomorphic agent: a critical review. *Geomorphology*.