

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EROSIÓN HÍDRICA, EN LA
MICROCUEVA DE CAPTACIÓN DE LA PRESA "LA ESTRELLA",
EN EL MUNICIPIO DE LINARES, NUEVO LEÓN.**

TESIS DE MAESTRÍA

Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta

ING. ALFONSO MALDONADO HERNÁNDEZ

Linares, Nuevo León.

Febrero de 2001

991
F
01
5

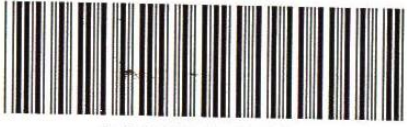
TM

Z59

FCF

200

M35



1020145966

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EROSIÓN HÍDRICA, EN LA
MICROCUEVA DE CAPTACIÓN DE LA PRESA "LA ESTRELLA",
EN EL MUNICIPIO DE LINARES, NUEVO LEÓN.**

TESIS DE MAESTRÍA

Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta

ING. ALFONSO MALDONADO HERNÁNDEZ

Linares, Nuevo León.

Febrero de 2001

0150-01460

M
1591
10 F
2001
H35



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EROSIÓN HÍDRICA, EN LA
MICROCUEVA DE CAPTACIÓN DE LA PRESA "LA ESTRELLA",
EN EL MUNICIPIO DE LINARES, NUEVO LEÓN.**

TESIS DE MAESTRÍA

Que para obtener el grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

Presenta

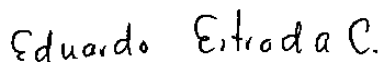
ING. ALFONSO MALDONADO HERNÁNDEZ

COMITÉ DE TESIS



MSc. MARISELA PANDO MORENO

Presidente



Dr. A. EDUARDO ESTRADA C.

Vocal



Dr. ENRIQUE JURADO YBARRA

Secretario

Dr. JOSÉ LUIS PALACIO PRIETO

Asesor externo

Linares, Nuevo León.

Febrero de 2001

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre, la Sra. Ma. Isaías Hernández Hernández y de mi sobrinita Vanessa García Maldonado, quienes fallecieron en un trágico accidente y se encuentran juntas, como siempre lo desearon.

A mi esposa Laura y a nuestro hijo, que en estos momentos se está gestando en el vientre de su madre.

A todos mis hermanos y hermanas, que siempre me han apoyado en los buenos y malos momentos de mi vida.

A todos mis amigos, nacionales y extranjeros, que siempre se han mantenido en contacto a través de Internet.

Al Doctor Treviño, excelente Neurocirujano que me salvó la vida en diciembre de 1999, en el Hospital Regional del ISSSTE, de la ciudad de Monterrey, N.L.

A todas las personas que me ofrecieron su ayuda, de manera incondicional, en esos momentos cruciales. A todos: ¡! G R A C I A S ¡

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por haberme apoyado económicamente con una Beca-Crédito para realizar mis estudios de Postgrado en esta Universidad.

A todo el personal docente y administrativo de la Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L., a quienes sin distinción considero mis amigos; por haberme *brindado la oportunidad de compartir con ellos momentos cruciales de mi vida durante mis estudios de Licenciatura y de Postgrado.*

En forma muy especial, deseo expresar mi agradecimiento a la Maestra Marisela Pando Moreno, Directora de Tesis en este trabajo y en mi anterior Tesis de Licenciatura; por haberme orientado nuevamente con sus atinadas observaciones y consejos. Sin ellos, probablemente no hubiera culminado mis estudios de Maestría y seguramente no hubiera realizado esta investigación. *Gracias Mary!!*

Al Dr. Enrique Jurado Ybarra, un gran amigo también desde la Licenciatura, que Enriqueció con sus comentarios este trabajo, participando activamente en la revisión del escrito final.

Al Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón (Lalito), por su amistad y por los grandes aportes que ha realizado en mis trabajos ya mencionados. A ellos (Marisela, Enrique y Lalito), los admiro mucho y les agradeceré siempre sus finas atenciones y su amistad; los considero mis mejores amigos y deseo que esta amistad perdure para siempre.

Al Dr. José Luis Palacio Prieto, Director del Instituto de Geografía de la U.N.A.M.; por haber aceptado participar como asesor externo en este trabajo.

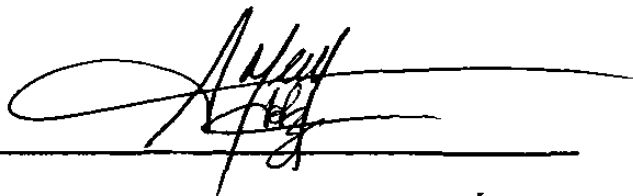
A mi amigo, el Ing. Carlos Alfonso Muñoz Robles, por haberme apoyado con los trabajos de digitalización, edición e impresión de imágenes; por su amistad y por su apoyo incondicional, desde que nos conocimos en el estado de Idaho, U.S.A.

A todos aquellos amigos y compañeros que, incondicionalmente, me apoyaron en alguna de las etapas de este trabajo; por ejemplo, Daniel Nuñez López, quien también me enseñó a digitalizar y me apoyó en los trabajos de campo; Efraín Rodríguez Téllez, que también me ayudó a digitalizar; Manuel Baca Venegas y su familia, que me apoyaron con sugerencias y su amistad; Benjamín Villa Castillo, con quien compartí grandes momentos durante mi estancia en la Maestría; José Uvalle Saucedo, gran amigo incondicional y muchos, muchos amigos más, todos igualmente apreciados, que resulta imposible enlistarlos en esta página. A todos ellos, mil gracias por su apoyo moral y espiritual que me brindaron en los momentos críticos de mi vida y también en los momentos felices de mi vida.

De manera muy especial, agradezco el apoyo de mis amigos extranjeros; quienes también me apoyaron en los momentos críticos de una manera sorprendente, ellos son: Marc Brügelmann (Alemania), Wieland Popp (Alemania), Meinolf Grundmann (Alemania); Russ & Bonnie Donohoe (Idaho, U.S.A.), Merja Kannisto (Finlandia), Marko Innilä (Finlandia) y Maria Österholm (Finlandia). A todos ellos, mil gracias por su apoyo y por su amistad.

A mi parde y a mis hermanos, que siempre me han apoyado y respetan mis decisiones. En memoria de nuestra madre, que en paz descansa, GRACIAS!..... Alfonso.

Manifiesto que el presente trabajo de investigación es original, y fue desarrollado para obtener el grado de Maestría en Ciencias Forestales; donde se utiliza la información de otros autores, se otorgan los créditos correspondientes.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alfonso Maldonado Hernández', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

ING. ALFONSO MALDONADO HERNÁNDEZ

Febrero de 2001

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	i
SUMMARY.....	ii
INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS	3
OBJETIVOS	3
Generales.....	3
Específicos.....	3
CAPITULO I	
EROSIÓN DEL SUELO.....	4
CAPITULO II	
CLASIFICACIONES GEOMORFOLÓGICAS	9

CAPITULO III

ÁREA DE ESTUDIO.....	12
III.1.- Ubicación.....	12
III.2.- Caracterización morfométrica de la microcuenca.....	14
III.2.1.- Área de la microcuenca.....	14
III.2.2.- Perímetro de la microcuenca.....	14
III.2.3.- Forma de la microcuenca.....	14
III.2.4.- Coeficiente de Compacidad.....	15
III.2.5.- Pendiente media de la microcuenca.....	16
III.2.6.- Índice del área drenada.....	16
III.2.7.- Orden de corrientes.....	17
III.2.8.- Suelos.....	17
III.2.8.1.- Litosol.....	18
III.2.8.2.- Luvisol crómico.....	18
III.2.8.3.- Regosol eutrico.....	18
III.2.8.4.- Vertisol pélico.....	19
III.2.9.- Clima.....	19
III.2.10.- Fisiografía.....	20
III.2.11.- Topografía.....	20

III.2.12.- Geología.....	20
III.2.13.- Vegetación y Fauna.....	21
CAPITULO IV	
METODOLOGÍA.....	26
CAPITULO V	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
V.1.- Clasificación geomorfológica de la microcuenca.....	31
V.2.- Pérdida de suelo superficial.....	33
V.3.- Avance de cárcavas en el ejido Loma Alta.....	41
CAPITULO VI	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
LITERATURA CITADA.....	48
ANEXO 1	
DENSIDAD APARENTE, PARA CADA UNIDAD GEOMORFOLÓGICA.....	53

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1.- Relación de la geomorfología con el suelo.....	11
Cuadro 2.- Superficie ocupada por cada tipo de suelo en la microcuenca.	18
Cuadro 3.- Lista de especies de flora y fauna (silvestre y doméstica), en la parte alta de la microcuenca.....	23
Cuadro 4.- Lista de especies de flora y fauna (silvestre y doméstica), en la parte media de la microcuenca.....	24
Cuadro 5.- Lista de especies de flora y fauna (silvestre y doméstica), en la parte baja de la microcuenca.....	25
Cuadro 6.- Superficie ocupada por cada estrato de la microcuenca.....	31
Cuadro 7.- Registro de la precipitación durante dos temporadas de lluvia	33
Cuadro 8.- Datos de campo obtenidos para la pérdida y deposición de suelo en cada unidad geomorfológica, en la primera y segunda temporadas de lluvia.....	34
Cuadro 9.- Cálculo de la pérdida o remoción de suelo.....	35
Cuadro 10.- Cálculo de la deposición o acumulación de suelo.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.- Ubicación del área de estudio.....	13
Figura 2.- Delimitación de las áreas con cárcavas, en una ampliación fotográfica escala 1:10,000 del año 1972.....	30
Figura 3.- Unidades geomorfológicas, en la microcuenca de la Presa "La Estrella".....	32
Figura 4.- Área de cárcavas en 1972.....	42
Figura 5.- Área de cárcavas en 1996.....	43
Figura 6.- Incremento en el área de cárcavas, en un periodo de 24 años..	44

RESUMEN

Para la presente investigación se seleccionó como área de estudio una microcuenca (2,313 hectáreas), ubicada al noroeste de la ciudad de Linares, en el estado de Nuevo León, México, en la que se presentan evidencias de fuerte erosión hídrica. Los objetivos de este estudio fueron (1) estimar la pérdida de suelo actual, en un periodo de un año, (2) estimar el avance que han tenido las cárcavas que ahí se presentan, en el largo plazo (24 años) utilizando fotografías aéreas y (3) analizar los factores asociados a la erosión hídrica en el área de estudio.

Se realizó una clasificación geomorfológica mediante la digitalización de las cartas topográfica, edafológica y geológica y la interpretación de fotografías aéreas; lo cual resultó ser una estrategia útil en el análisis de los resultados. Para estimar la pérdida de suelo superficial actual se utilizó el método de los clavos con rondanas propuesto por el Colegio de Postgraduados (1991). Con este método, se estimó un valor promedio de erosión de 38.6 Ton/ha/año en la microcuenca, lo cual es equivalente a una pérdida de 80,607 toneladas de suelo en el área estudiada. La magnitud de la erosión estimada presentó una mayor relación con la intensidad de la precipitación y con el uso del suelo, que con las características geomorfológicas de la microcuenca, ya que no se observó una relación directa de la erosión con la pendiente del terreno. Asimismo, se determinó el avance de cárcavas en el área que ocupa el único centro de población humana de la microcuenca (Ejido Loma Alta) y en los alrededores del mismo, para un periodo relativamente largo (24 años), utilizando para ello fotografías aéreas de dos fechas diferentes. El área cubierta con cárcavas se incrementó significativamente (54%) en el periodo comprendido de 1972 a 1996, pasando de 81 a 125 hectáreas. El mayor crecimiento del área de cárcavas se presentó alrededor del núcleo de población y hacia las partes altas de la sierra.

SUMMARY

A microcatchment (2,313 ha) showing strong evidence of hydrological erosion was selected as study area. This basin is located Northwest of Linares city, in the state of Nuevo Leon, Mexico. The objectives of this study were (1) to evaluate current soil loss, (2) to estimate gullies advance in the long term (24 years) using aerial photographs, and (3) to analyze the main factors associated to erosion in the area.

A geomorphologic classification was made by digitizing maps (topography, soil type and geology) and aerial photography interpretation. This approach for classification of the area showed to be an useful strategy for analyzing and interpreting the results.

Current soil loss was estimated by direct field measurements. The average soil loss rate was 38.6 ton/ha/year, equivalent to a loss of 80,607 tons of soil for the entire studied area. The highest erosion values seemed to be related to rainfall intensity and land use rather than topography.

Gullies expansion was analyze through comparison of aerial photographs from 1972 and 1996 (24 years). Area covered by gullies increased in 54% from 1972 (81 ha) to 1996 (125 ha). Results showed that gullies are mainly expanding around the settlement area and towards the sierra.

INTRODUCCIÓN

La erosión del suelo es un problema ambiental crítico en todos los ecosistemas terrestres del mundo. En el caso de México, la erosión hídrica representa el principal proceso de desertificación (CONAZA, 1994) y el estado de Nuevo León, según la misma fuente, se encuentra entre los diez estados más afectados por el mismo.

Los procesos de degradación de los suelos inician, generalmente, con una disminución de la fertilidad de los mismos debido al arrastre de la materia orgánica o a la falta de acumulación de la misma, y llegan a su punto más extremo cuando se pierde el propio suelo, impidiendo el establecimiento de nuevas plantas y aún la permanencia de las ya existentes.

Este proceso, que conocemos como erosión, es prácticamente irreversible cuando alcanza niveles extremos, ya que la reconstrucción de los suelos, en forma natural, requiere de cientos y hasta miles de años; por lo tanto, encontramos que el suelo es un recurso no renovable: podemos limpiar el aire y el agua, pero no podemos, a ningún precio, regenerar los suelos que vamos perdiendo (Carabias, 1996).

La presencia de cárcavas, originadas por procesos severos de erosión hídrica, es considerada como uno de los principales indicadores de desertificación. Generalmente, la magnitud de éstas es tomada como el parámetro más importante para evaluar la severidad de la erosión; sin embargo, la velocidad a la que éstas avanzan, es decir la cantidad de suelo que es removido en un determinado periodo de tiempo, puede ser un factor mucho más importante de considerar al momento de establecer planes de manejo u obras de rehabilitación en el área.

El manejo unilateral de los recursos naturales dentro de las cuencas hidrológicas, ha ocasionado el deterioro de los ecosistemas; en algunos casos, hasta niveles donde su recuperación resulta muy difícil o casi imposible. Sin embargo, la forma más recomendable para abordar este problema parece ser, a través del manejo de las cuencas hidrológicas, para reorientar el uso del suelo hacia actividades productivas, compatibles con la conservación de los recursos naturales y la producción sustentable de bienes y servicios.

Es por ello que para la presente investigación se seleccionó como área de estudio una microcuenca, en la que se presentan evidencias de fuerte erosión hídrica, como es la presencia de cárcavas, pedestales y raíces expuestas.

Esta investigación permitió identificar si estos procesos de degradación del suelo estaban aún activos. Asimismo, se determinó el avance de las cárcavas en un periodo relativamente largo, utilizando para ello fotografías aéreas y se estimó *"in situ"* la cantidad de suelo removido en dos temporadas de lluvia.

HIPÓTESIS

1. La microcuenca de captación de la presa "La Estrella" se encuentra bajo un proceso acelerado de erosión hídrica y los efectos acumulados de ésta pueden ser cuantificados mediante fotografías aéreas de dos fechas diferentes.
2. La magnitud de la erosión presenta una mayor relación con la intensidad de la precipitación y el tipo de uso del suelo, que con las características geomorfológicas del sitio.

OBJETIVOS

GENERALES:

- 1) Estimar la pérdida de suelo superficial en el área de estudio.
- 2) Estimar el avance de cárcavas en el ejido Loma Alta, en un periodo de 24 años, utilizando fotografías aéreas de dos fechas diferentes.
- 3) Analizar la relación entre la magnitud de la erosión y
 - a) las unidades geomorfológicas.
 - b) los usos del suelo.
 - c) la precipitación.

ESPECÍFICOS:

- 1) Caracterizar morfométricamente la microcuenca de captación de la presa "La Estrella".
- 2) Realizar una clasificación geomorfológica del área.
- 3) Cuantificar la pérdida de suelo en dos temporadas de lluvia, para un mismo año.
- 4) Delimitar en las fotografías aéreas de ambas fechas, la extensión ocupada por las cárcavas, comparándolas.

CAPITULO I EROSIÓN DEL SUELO

Frecuentemente, algunos caracteres y aspectos normales de la naturaleza no son bien comprendidos y apreciados. Para muchos de nosotros, el suelo es uno de ellos. Puede hallársele en cualquier parte, y, aparentemente, siempre ha estado con nosotros. A causa de esto, la mayoría de nosotros nunca se ha tomado la molestia de averiguar lo que es el suelo, de dónde procede y cuáles son sus propiedades fundamentales. No podemos llegar a saber cuán diferente es el suelo de un lugar sin haberlo comparado con otro y, en realidad, pocos de nosotros conocemos las causas de sus diferencias (Buckman y Brady, 1982).

El suelo puede ser definido como un cuerpo natural, sintetizado en su perfil a partir de una mezcla variable de minerales desmenuzados y modificados atmosféricamente, junto con materia orgánica en desintegración, que cubre la tierra en una capa delgada y que proporciona, cuando contiene cantidades adecuadas de aire y agua, el soporte mecánico y, en parte, el sustento de las plantas (Buckman y Brady, 1982). Desde un punto de vista puramente edafológico, el suelo es la parte sólida más externa de la corteza terrestre, que ha sufrido y sigue sufriendo acciones causadas por agentes atmosféricos y seres vivos, y sirve de soporte a la vegetación; configura así un medio complejo, dinámico, de transición entre el aire, el agua y los seres vivos de la superficie y la roca subyacente, caracterizado por una atmósfera interna, una particular utilización del agua, una flora y fauna determinadas y unos constituyentes minerales u organo-minerales (Gandullo, 1962; Marsh, 1978; citados por el MOPT de España en 1992).

El impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo, produce disgregación de los agregados del suelo; como resultado de lo anterior, las partículas de menor tamaño (arcilla y limo) quedan "libres" (desagregadas,

sin cohesión entre sí a través de los coloides de arcilla y de materia orgánica), pudiendo ser trasladadas por el agua de lluvia que no consigue infiltrarse en el suelo (agua de escorrentía). De forma similar a la erosión hídrica antes descrita, la acción del viento sobre la superficie del suelo puede tener una acción muy negativa en determinadas áreas, destruyendo los agregados naturales y desplazando las partículas de menor tamaño (erosión eólica). Después de lluvias intensas sobre suelo desnudo, se observan los surcos o cárcavas que produce el arrastre del agua; dicha erosión es muy variable según los tipos de suelos y se intensifica siempre con la pendiente. La acumulación de sedimentos en las partes más bajas de las parcelas es otro fenómeno que desafortunadamente se observa con mucha frecuencia.

Las tasas de pérdida de suelo debidas a la erosión son muy variables, desde unas pocas toneladas de suelo por año (que pueden no tener mayor importancia por coincidir a "grosso modo" con la capacidad de regeneración o formación del suelo) a decenas o incluso centenas de toneladas de suelo por año, lo que originaría que en unas décadas el suelo fuera mucho menos productivo o incluso dejara de ser apto para usos agrícolas e incapaz de sostener algún tipo de vegetación.

En épocas anteriores, el agricultor estaba acostumbrado a observar la erosión de los suelos de sus campos como un fenómeno natural que no tenía solución. En otras palabras, desconocía, o no estaban disponibles, técnicas alternativas para paliar o reducir la erosión. Por otro lado, la intensidad del laboreo y la forma en que éste se realizaba hasta hace varias décadas, hacía que tuviera una menor incidencia en la erosión. Afortunadamente, en los últimos años se han desarrollado diversas técnicas que reducen muy considerablemente o disminuyen la erosión de los suelos agrícolas.

Sin embargo, las personas interesadas en conocer el estado actual de la degradación hídrica de los suelos en México, nos enfrentamos a una literatura muy escasa, dispersa, de acceso difícil y, en ocasiones, confusa y contradictoria, lo que refleja la poca importancia que se le ha dado al problema en este país.

El movimiento del suelo por efecto de la escorrentia superficial es un proceso natural que se da prácticamente en todas las regiones del mundo. En los ecosistemas sin perturbar, los procesos formadores del suelo compensan las pérdidas edáficas, producto de la erosión hídrica, de tal forma que la cantidad de suelo disponible se mantiene relativamente constante en el tiempo. Los procesos de erosión hídrica se aceleran cuando el ecosistema es perturbado por causas naturales: ciclones, incendios, etc. o por actividades humanas: transformaciones con fines agropecuarios o silvícolas, construcción de infraestructura, entre otras. Frecuentemente, la erosión acelerada no puede ser compensada por los lentos procesos de formación del suelo, lo que causa un empobrecimiento paulatino del ecosistema. El grado de deterioro del suelo depende entonces, de la vulnerabilidad del sistema y de la magnitud de la perturbación. A su vez, la vulnerabilidad del sistema depende de las características del sitio, como el clima (principalmente la intensidad de las lluvias), el tipo de vegetación, el tipo de suelo y la topografía. La magnitud de la perturbación se relaciona con el fenómeno perturbador, ya sea natural o producido por el ser humano (Jordan, 1985; citado por Maass y García-Oliva, 1990). Así, mientras más vulnerable sea el sistema y mayor la magnitud de la perturbación, más severa será la degradación del suelo por efecto de la erosión hídrica y más problemática su conservación.

Pimentel y Kounang (1998) señalan que, cada año, alrededor de 75 mil millones de toneladas de suelo son erosionadas en los ecosistemas

terrestres del mundo y muchos terrenos agrícolas están perdiendo suelo a velocidades que van de 13 a 40 Ton/ha/año, debido a que el suelo se forma muy lentamente; es decir, según estos autores el suelo se está perdiendo de 13 a 40 veces más rápido que su rango de renovación y sustentabilidad; sin embargo, no mencionan cuál es el rango de renovación o como lo calcularon.

De la misma manera, Maass y García-Oliva (1990) mencionan que "...los valores tolerables de erosión (definidos en función de la capacidad natural de regeneración de los suelos) fluctúan entre 2.5 y 12.4 Ton/ha/año, para suelos muy someros y arcillosos, y para suelos profundos y arenosos, respectivamente". Sin embargo, el concepto de "erosión tolerable", fijado entre 2.2 a 11.2 Ton/ha/año por el U.S. Soil Conservation Service, con frecuencia se ha interpretado erróneamente (Young, 1989), debido a que este valor corresponde a la formación de suelo superficial a partir de material de suelo ya intemperizado y no a la intemperización de la roca y formación de suelo "nuevo". Evidencias geomorfológicas indican que los rangos típicos de denudación natural son de 50 mm por cada 1,000 años en pendientes suaves y 500 mm por cada 1,000 años en pendientes pronunciadas, variando ampliamente con el clima y el tipo de roca (varios autores, citados por Young, 1989).

Diversos métodos han sido utilizados para evaluar la erosión del suelo, desde métodos directos de campo o modelos matemáticos, hasta imágenes obtenidas a partir de sensores remotos. Por ejemplo, Torres (1987) utilizó varillas enterradas en el suelo ("clavos de erosión") para calcular las pérdidas de suelo en la cuenca alta del río San Marcos, Tamaulipas; Raa (1983) y Sancholuz (1984) (citados por Maass y García-Oliva, 1990) utilizaron la ecuación universal de pérdida de suelo propuesta por Wischmeier y Smith (1978) para estimar valores de erosión en el estado de Veracruz; obteniendo el primero, valores de erosión de 13.5 y 1,296

Maldonado Hernández Alfonso (2001). Evaluación del proceso de erosión hídrica, en la microcuenca de captación de la presa "La Estrella", en el municipio de Linares, N.L.

Ton/ha/año en la cuenca alta del río La Antigua, con pendientes entre 50 y 100%, mientras que el segundo autor estimó valores entre 62 y 492 Ton/ha/año en cultivos de maíz, con pendientes entre el 1 y el 25%.

López Blanco y Palacio Prieto (1995) realizaron la evaluación del crecimiento de cabeceras en cárcavas, en el municipio de Huasca, Hidalgo, mediante el procesamiento de imágenes multitemporales de video, obtenidas con una cámara de video convencional, utilizando un globo aerostático inflado con helio y volando entre 13 a 200 metros de altura. Dichas imágenes se procesaron dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG) denominado ILWIS, mediante procedimientos convencionales. Mediante este método, estos autores determinaron que es factible definir y cuantificar la superficie erosionada de suelo y delimitar en una misma cárcava las áreas más dinámicas. Asimismo, concluyen que la mejor alternativa para sus objetivos es la realizada con videografía digital, debido sobretodo al grado de detalle que se tiene, a las precisiones alcanzadas y a la posibilidad de interpretación de la información digital gráfica del terreno.

De acuerdo con la información obtenida con la metodología provisional para evaluar la degradación de los suelos, la erosión hídrica representa el principal proceso de deterioro de los suelos en México, afectando el 85% de la superficie nacional en diferentes grados (CONAZA, 1994). Esta misma fuente establece que, las entidades que presentan mayor avance de la erosión hídrica son Aguascalientes, Guanajuato, Coahuila, Michoacán, Zacatecas, Jalisco, Nuevo León y San Luis Potosí, con más del 45% de su territorio afectado en forma severa a extrema.

CAPITULO II CLASIFICACIONES GEOMORFOLÓGICAS

La regionalización de las formas de relieve, es la base de la mayoría de las estrategias de clasificación del terreno y el paisaje, ya que las características del sustrato abiótico *facilitan* que éste sea segmentado (discretizado) en unidades relativamente homogéneas a menor o mayor detalle (Bocco y Mendoza, 1997). Las unidades espaciales deben describir, tanto los componentes relativamente estables del terreno (roca, forma del relieve y suelos), como los menos estables, cuya tasa de cambio en el tiempo es más alta (vegetación, uso del suelo, fauna silvestre y doméstica). Ambos componentes se pueden combinar en unidades integrales de paisaje, cuando sea conveniente, utilizando las ventajas de las bases de datos espaciales de un sistema de información geográfica (SIG) o bien, utilizando técnicas de observación directa del terreno, cartografía convencional o digital y verificación selectiva en el campo.

De forma general, los estudios del medio físico se pueden clasificar en sintéticos (definidores de unidades homogéneas) o bien, analíticos o paramétricos (MOPT, 1992). Los primeros, parten del hecho de que en todo territorio pueden distinguirse regiones naturales que tienen su origen en procesos climáticos y tectónicos; mientras que, bajo un enfoque paramétrico, caben dos formas básicas y elementales de cartografiar la geomorfología: mediante varios elementos, según se entienda ésta como una síntesis de elementos o aspectos tales como pendiente, formas topográficas, altitud y exposición, o bien, como un único elemento que, aunque complejo, se puede caracterizar por un solo aspecto.

La primera línea es la más común y la cartografía se hace de forma separada, aunque puede luego integrarse obteniéndose los mapas temáticos que se *consideran adecuados, inventariando cada aspecto* de alguna de las

formas mencionadas anteriormente. La segunda línea, mucho menos frecuente, sólo parece indicado utilizarla para estudios muy concretos, con un solo objetivo, en los que sólo sea necesario resaltar un único aspecto, que se inventariará como en el caso anterior.

El enfoque geomorfológico que se ha aplicado para describir o caracterizar y delimitar unidades ambientales de mapeo, ha sido reconocido por muchos autores como la estrategia más útil para la delimitación de unidades ambientales físicas. Además, se considera como una de las principales fuentes de información para el entendimiento integral del medio ambiente, con fines de planificación del uso de los recursos naturales de un país (diversos autores, citados por López y Palacio, 1995).

Con respecto a la caracterización geomorfológica, necesaria para evaluación de áreas semejantes en cuanto a sus características físicas, Geissert y Dubroeuq (1995), obtuvieron datos geomorfológicos mediante observaciones topográficas, cartografía y cortes naturales en el borde del litoral de Veracruz, México, a partir de la interpretación de fotografías aéreas pancromáticas a escala 1:50,000 y ampliaciones a 1:20,000, para determinar la influencia de la geomorfología en la evolución de suelos de dunas costeras en ese estado de la República Mexicana y obtuvieron una serie de "unidades" para realizar sus estudios. De manera semejante, pero utilizando criterios morfológicos del relieve, Galicia, *et al* (1995) determinaron catorce unidades de ladera (UL) en una cuenca experimental de la Estación de Biología Chamela, en la costa de Jalisco, donde ubicaron los sitios de muestreo de suelos para definir la distribución de las características físicas de los suelos y su relación con los atributos del relieve.

La geomorfología facilita una correcta interpretación de la textura y composición de suelos que se han formado por previa alteración y transporte,

ya que las características geomorfológicas condicionan el depósito de los materiales transportados. Por ejemplo, en un terreno escarpado, los cambios de pendientes están relacionados con el proceso de erosión y depósito, de forma que aquél condiciona las características del suelo. En el Cuadro 1 se puede ver la relación entre el grado de pendiente, proceso de erosión-depósito, textura del suelo resultante, así como el tipo geomorfológico sobre el que se asienta el suelo en la actualidad. Aunque para ser más completo, este Cuadro debería reflejar las condiciones de vegetación, por el efecto que tiene sobre el proceso y, por ende, sobre las características del suelo.

Cuadro 1.- Relación de la geomorfología con el suelo, según Marsh, 1978. (Tomado de MOPT, 1992).

Pendiente en grados	Proceso de erosión-depósito	Textura del suelo	Tipo geomorfológico
60 - 90	Alteración atmosférica y movimiento de masas (desprendimiento de rocas y deslizamientos).	Ninguna (roca madre compacta).	Escarpe Cuesta Risco
20 - 40	Depósito de rocas.	Muy gruesa	Taludes y conos de desmoronamiento.
5 - 10	Escorrentía, depósito de rocas.	Gruesa con mezcla de arena, limo, arcilla.	Pie de ladera o terraza.
0 - 5	Depósito fluvial	Arcillas, limos, arenas con partículas mayores.	Llanuras de inundación.

CAPITULO III ÁREA DE ESTUDIO

III.1.- UBICACIÓN.

La microcuenca donde se realizó el presente trabajo queda comprendida 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. Geográficamente se ubica en las coordenadas 24° 54' 00" y 24° 56' 54" norte y, 99° 47' 20" y 99° 52' 33" oeste, a veinte kilómetros al noroeste de la ciudad de Hualahuises, Nuevo León (Figura 1).

Dentro de la microcuenca se encuentran los poblados denominados "Ejido Loma Alta" y "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 (INEGI, 1990) y la microcuenca de captación de la presa "La Estrella" tiene una superficie total de 23.13 km² (2,313 hectáreas). La mayor parte de la superficie de este ejido queda comprendida dentro de la microcuenca y es ahí donde se generan fuertes procesos de degradación de los suelos. Lo anterior se manifiesta por la presencia de grandes cárcavas en los alrededores del núcleo de población, donde se realizaron algunas evaluaciones durante el desarrollo del presente proyecto.

Desde el punto de vista geomorfológico, el área de estudio se encuentra ubicada en una penillanura labrada en rocas pelíticas, como resultado de un ciclo normal de erosión, característico de grandes calmas tectónicas; sobresalen pequeños lomeríos arredondados, constituidos de rocas clástico-marinas (Garza, 1993).

Maldonado Hernández Alfonso (2001). *Evaluación del proceso de erosión hídrica, en la microcuenca de captación de la presa "La Estrella", en el municipio de Linares, N.L.*

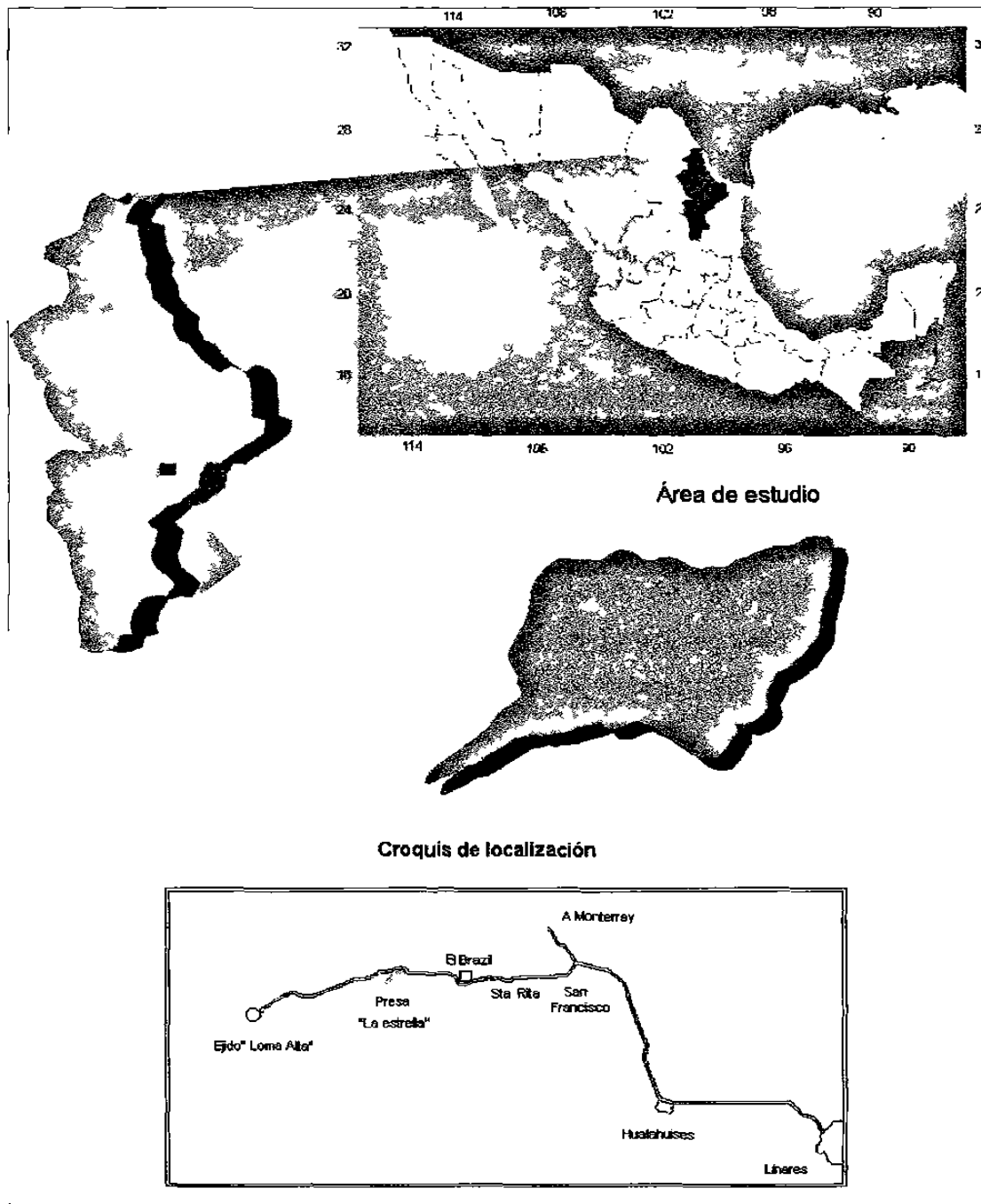


Figura 1.- Ubicación del área de estudio.

III.2.- CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA.

La caracterización hidrológica de una cuenca, permite determinar el tiempo aproximado en que el escurrimiento tarda en llegar desde el extremo más alejado a la salida de la cuenca. Asimismo, la trayectoria y disposición de los cauces de las corrientes en la cuenca, son indicadores de la eficiencia del sistema de drenaje de los escurrimientos.

III.2.1.- Área de la microcuenca.- Para estimar el tamaño de la microcuenca se utilizaron fotografías aéreas de fecha 16 de enero de 1996 a escala 1:75,000 y la carta topográfica G14-C57 escala 1:50,000, editada por el INEGI en 1975. En las fotografías aéreas, bajo una visión estereoscópica, se delimitó la línea que define el parteaguas de la zona que aporta escurrimientos a la presa "La Estrella"; posteriormente, esta delimitación se transfirió a la carta topográfica y se digitalizó, obteniendo una superficie de 23.13 Km²; es decir, 2,313 hectáreas.

III.2.2.- Perímetro de la microcuenca.- El tamaño y la forma de la microcuenca facilitan su medición sobre un mapa topográfico. El perímetro fue medido en forma directa, utilizando una regla graduada en milímetros y resultó ser de 25.15 kilómetros.

III.2.3.- Forma de la microcuenca.- Este factor, al igual que el tamaño, también influye en la magnitud del escurrimiento; de tal manera que las cuencas compactas (redondeadas), presentan un escurrimiento superficial mayor que aquellas de igual tamaño, pero de forma estrecha y alargada, ya que en estas últimas, los escurrimientos se concentran más lentamente. Por ejemplo, en las cuencas alargadas resultan hidrogramas de salida con tiempos de concentración mayores y picos de crecidas menores que en una cuenca de área semejante pero de forma circular (Aparicio, 1996).

III.2.4.- Coeficiente de Compacidad.- Uno de los indicadores que intenta explicar la forma de la cuenca a partir de un valor numérico, es el Coeficiente de Compacidad. Este índice será mayor o igual a 1, de manera que entre más próximo a la unidad, la forma de la cuenca se aproximará más a la de un círculo. Es decir, si el índice de compacidad presenta valores mayores que la unidad, la cuenca será alargada y tendrá forma circular a medida que el índice de compacidad se aproxime a la unidad.

Este índice relaciona el perímetro de la cuenca con un círculo de igual área, mediante la siguiente fórmula, considerando que:

$$K = \frac{P}{P_e} \quad \text{Donde:}$$

K = Índice de Compacidad

P = Perímetro de la cuenca en km

P_e = Perímetro de un círculo en km

Mediante una transformación de las variables, se obtiene una fórmula alternativa de la siguiente manera:

$$\text{Si } A = (\pi)(r^2) \text{ Área de un círculo } r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$P_e = (2\pi)(r) \text{ Perímetro de un círculo}$$

Entonces...

$$K = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{\pi}}} = \frac{P}{2\pi \left(\frac{\sqrt{A}}{\sqrt{\pi}}\right)} = \frac{P/\sqrt{\pi}}{\frac{2\pi\sqrt{A}}{\sqrt{\pi}}} = \frac{P\sqrt{\pi}}{2\pi\sqrt{A}} = \frac{(1.7725)(P)}{(6.2832)\sqrt{A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$\text{Es decir... } K = \frac{P}{2\pi * r} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{donde:}$$

K = índice de compacidad

P = Perímetro de la cuenca (Km) = 25.15 Km

A = Área de la cuenca (Km²) = 23.13 Km²

r = Radio del círculo (Km) = 2.65 Km

Maldonado Hernández Alfonso (2001). *Evaluación del proceso de erosión hídrica, en la microcuenca de captación de la presa "La Estrella", en el municipio de Linares, N.L.*

Sustituyendo estos valores en la fórmula, resulta un coeficiente de compacidad de 1.4, lo cual indica que la microcuenca tiene una forma normal intermedia, ya que: valores del índice cercanos a 1.0 indican una cuenca tendiente a un círculo, mientras que en las cuencas alargadas los valores tenderán a 2.0 (Aparicio, 1996).

III.2.5.- Pendiente media de la microcuenca.- En cuencas o áreas de drenaje pequeñas, como en este caso, la pendiente se obtiene al considerar la relación existente entre:

(a) la diferencia de nivel de la obra de captación (en este caso la presa "La Estrella") y el sitio más alejado (la parte más alta de la microcuenca) y;

(b) la longitud máxima del área de drenaje.

La fórmula que se utilizó para estimar la pendiente media de la cuenca fue la siguiente:

$$Sm = \frac{H}{L} * 100 \quad Sm = \frac{980}{10,000} * 100 = \quad Sm = 9.8 \%$$

Donde:

Sm = Pendiente media (%)

H = Diferencia de nivel de la obra de captación (en este caso la presa "La Estrella") al sitio más alejado del área de drenaje = 980 m.

L = Longitud máxima de la cuenca o área de drenaje = 10,000 m.

III.2.6.- Índice del área drenada.- El área drenada de una cuenca es el área en proyección horizontal, encerrada por el parteaguas (SARH y UANL, 1992). Utilizando las fotografías aéreas y el mapa topográfico a escala 1:50,000, se delimitó el parteaguas de la microcuenca. Posteriormente, se procedió a

determinar el área mediante la digitalización del mapa, utilizando para ello una tableta digitalizadora y el programa de cómputo denominado *Auto Cad 14*[®].

III.2.7.- Orden de corrientes.- El orden de las corrientes proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. El orden de una cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida (Aparicio, 1996). Se consideran corrientes de orden uno aquellas que no tienen ningún tributario; de orden dos las que solo tienen tributarios de orden uno; de orden tres aquellas con dos o más tributarios de orden dos, etc. Uno de los parámetros de relevante importancia es el número de orden del cauce, ya que establece una jerarquización entre las distintas partes que componen la red de canales.

Un orden de corrientes alto o una densidad elevada, refleja una cuenca altamente disectada que responde rápidamente a una tormenta. Las densidades u órdenes de corrientes pequeñas se observan donde los suelos son muy resistentes a la erosión o muy permeables; donde estos indicadores son elevados, los suelos se erosionan fácilmente o son relativamente impermeables, las pendientes son altas y la cobertura vegetal es escasa (Aparicio, 1996).

Mediante el uso de las fotografías aéreas y el estereoscopio de espejos, se determinó el orden de las corrientes de la microcuenca, observándose que tiene un orden 3; es decir, se trata de una densidad elevada y la microcuenca responde rápidamente a una tormenta.

III.2.8.- Suelos.- Este factor es importante a considerar en la determinación de los escurrimientos, ya que las características físicas (textura, permeabilidad y grado de retención de humedad) determinan en gran medida la magnitud de los escurrimientos. Mediante el uso del planímetro, se

determinó la superficie ocupada por cada uno de los tipos de suelo en la microcuenca, de acuerdo con la carta edafológica, escala 1:50,000, producida por INEGI (Cuadro 2).

Cuadro 2. Superficie ocupada por cada tipo de suelo en la microcuenca.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE ESTIMADA (ha)
I + Re	Litosol, asociado con Regosol	1,135
Lc + Vc / 3	Luvisol crómico	757
Re + I + Lc/3	Regosol eutrico	248
Vp + Re + Lc/3	Vertisol pélico	173
	TOTAL	2,313

NOTA: La superficie total de la Presa La Estrella queda comprendida en el Luvisol Crómico.

En el área de estudio, la variación en la topografía hace patente una diversificación en los tipos de suelo; a continuación, se describen brevemente los suelos característicos de la microcuenca, según la Carta Edafológica G14-C57 escala 1:50,000, producida por el INEGI en 1977.

III.2.8.1.- Litosol

El litosol es un suelo con profundidades menores a diez centímetros, que se desarrolla sobre roca dura levemente intemperizada. La distribución de estos suelos se encuentra relacionada con la topografía accidentada.

III.2.8.2.- Luvisol crómico

Los luvisoles son suelos que presentan un horizonte argílico, el cual tiene una saturación de base de 50% o más (para NH₄OAc) y un color café fuerte o rojo.

III.2.8.3.- Regosol eutrico

Los regosoles son suelos formados por materiales no consolidados, exceptuando los depósitos aluviales recientes, que se localizan en las costas, en las regiones volcánicas jóvenes y en las regiones desérticas; tienen una

saturación de base para NH_4OAc de 50% o más y los problemas más importantes en cuanto a su manejo es el control de la salinidad y de la erosión eólica.

III.2.8.4.- Vertisol pélico

Los vertisoles pélicos son de color negro, o bien gris oscuro, que se localizan por lo general en las partes más bajas de las zonas planas y en algunos lomeríos suaves. Son suelos sumamente arcillosos, con un contenido de arcillas que va de 40 a 65% en todo el perfil. En la época de sequía presentan grietas anchas y profundas que alcanzan, en ocasiones, más de cinco centímetros de ancho y cien de profundidad; son ligera o moderadamente alcalinos y en ocasiones salinos y sódicos; frecuentemente poseen altos contenidos de carbonato de calcio.

III.2.9.- Clima.- Considerando la clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta García en 1964, en la región de Linares, N.L. se presenta un clima semicálido subhúmedo extremoso (A)C(x')(w")a(e), con una precipitación pluvial entre 400 y 1,850 mm/año, alcanzando valores promedio de aproximadamente 810 mm/año; se presentan precipitaciones irregulares todo el año, considerando al mes de septiembre como el periodo de lluvias, antecedido por un periodo de sequía estival en los meses de julio y agosto. La temperatura media anual en esta región es de 22.4 °C, con temperaturas extremas superiores a los 40 °C en verano e inferiores a 0 °C en invierno; la oscilación diaria de la temperatura puede ser superior a los 15 °C. En invierno, debido a la influencia de masas de aire polar continental, se presentan descensos bruscos de temperatura (heladas) por debajo del punto de congelación del agua (Treviño, et al, 1999). Concretamente en el área de estudio, de acuerdo con la Carta Estatal de Climas (1980), que utiliza la clasificación de Köppen, existe el clima (A)C(W₀), que presenta una temperatura media anual mayor de 18 °C. La estación climatológica más

cercana al área de estudio es la estación "Cabezones", en el municipio de Montemorelos, N.L., ubicada en las coordenadas geográficas 24° 59' 24" norte y 99° 44' 38" oeste.

III.2.10.- Fisiografía.- Fisiográficamente, el área de estudio se encuentra ubicada en la Provincia de la Llanura Costera del Golfo Norte, Subprovincia de Llanuras y Lomeríos (INEGI, 1986)

III.2.11.- Topografía.- Dentro de esta microcuenca, se pueden distinguir cuando menos tres sistemas de topoformas: sierra baja, lomerío suave con bajadas y lomerío suave con llanuras, que corresponden a las unidades denominadas "parte alta", "parte media" y "parte baja", respectivamente, en el gradiente altitudinal. La sierra baja presenta pendientes de 40 a 70% y una profundidad del suelo menor a 10 centímetros; en ella se llevan a cabo aprovechamientos forestales maderables de pino y encino. La parte media, o lomerío suave con bajadas, tiene pendientes que fluctúan entre el 12 al 40%, la profundidad del suelo es de 10 a 35 centímetros y en ella se realiza el pastoreo extensivo en forma indiscriminada. La parte mas plana de la microcuenca, denominada también "parte baja" o "lomerío suave con llanuras", presenta pendientes que van de 3 a 12%, la profundidad del suelo es de 35 a más de 90 centímetros y en ella se practica la agricultura de temporal con labranza mecanizada, además del pastoreo intensivo sobre praderas cultivadas, sobretodo en algunas propiedades particulares.

III.2.12.- Geología.- Toda esta región tiene un origen sedimentario, por lo que, en el área de estudio, 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, pasando por pliocénicos, oligocénicos y eocénicos del Terciario, hasta cretácicos superiores (INEGI, 1986). El frente de la Sierra

Madre Oriental, está constituido por el elemento fisiográfico conocido como Planicie Costera del Golfo; en ésta afloran sedimentos de origen marino del Cretácico Superior, los cuales están cubiertos por sedimentos continentales del Terciario y Cuaternario (López Ramos, 1980; citado por Garza, 1993).

III.2.13.- Vegetación y Fauna.- El tipo de vegetación más abundante en la microcuenca es el matorral submontano, comunidad vegetal caracterizada por la dominancia de especies arbóreas, muchas veces ramificadas desde su base, entre cuatro y seis metros de altura, predominando elementos inermes con hojas deciduas en breves periodos del año (Alanís, 1991). El porte del estrato superior está dominado por árboles de densidad y cobertura variables, de acuerdo con las características del suelo y disponibilidad de humedad en el mismo; las especies más frecuentes son *Cordia boissieri*, *Helietta parvifolia*, *Havardia pallens*, *Fraxinus greggii*, *Acacia amentacea*, *Acacia berlandieri*, *Gochnatia hypoleucha*, *Neopringlea integrifolia*, *Celtis pallida*, *Berberis chochoco*, *Zanthoxylum fagara*, *Acacia greggii*, *Acacia rigidula*, *Decatropis bicolor*, *Bernardia myricaefolia*, *Eysenhardtia polystachya*, *Condalia lycioides*, *Bumelia celastrina*, *Dyospirus palmeri*, *Dyospirus texana*, *Yucca filifera*, *Condalia abovata*, *Leucophyllum frutescens*, *Bernardia myricaefolia*, *Karwinskia humboldtiana*, entre otras. 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, resultante de la eliminación de éste mediante desmontes para realizar actividades agropecuarias y, finalmente, existen algunas porciones de terreno cubiertas por matorral alto espinoso, comunidad vegetal heterogénea, cuyas especies en gran proporción son espinosas y arbóreas, entre cuatro y seis metros de altura, algunas de ellas también, como el matorral submontano, ramificadas desde su base aunque en condiciones de suelos profundos, con abundante materia orgánica y

humedad, se pueden presentar árboles con fustes bien definidos, de porte más alto; aunque también se pueden encontrar árboles con copa más o menos romboide, elipsoide o esférica, relativamente pequeñas (Alanís, 1991). Las especies que lo caracterizan son: *Prosopis laevigata*, *Cercidium macrum*, *Acacia amenthacea*, *Cordia boissieri*, *Pithecellobium ebano*, *Randia laetrovirens*, *Celtis pallida* y *Leucophyllum frutescens*, entre otras.

Cada uno de estos tipos de vegetación se distribuyen en diferentes gradientes de altura dentro de la microcuenca, y para identificar más fácilmente estos factores, también se realizó una subdivisión de la microcuenca en tres partes: alta, media y baja; encontrando que en la parte alta se distribuyen los bosques de encino-pino, en la parte media el matorral submontano y en la parte baja existe un mosaico conformado por el matorral alto espinoso, el matorral submontano, la vegetación secundaria, algunos mezquitales y muchos terrenos dedicados a la agricultura.

Por observación directa de especímenes, huellas, plumas y por pláticas con los pobladores del ejido Loma Alta durante más de un año de visitas frecuentes al área de estudio, se registraron las especies vegetales y animales (incluyendo a la fauna doméstica) en cada uno de estos gradientes de altura, como se muestra en los cuadros 3, 4 y 5.

Cuadro 3.- Lista de especies de flora y fauna (silvestre y doméstica), en la parte alta de la microcuenca.

FLORA		FAUNA SILVESTRE		FAUNA DOMÉSTICA	
Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Alamo	<i>Platanus mexicana</i>	Venado	<i>Odocoileus virginianus</i>	Vacas	<i>Bos taurus</i>
Colima	<i>Xanthoxylum fagara</i>	V.Cascabel	<i>Crotalus triseriatus</i>	Mulas	<i>Equus sp.</i>
Cruceto	<i>Rhandia laetovirens</i>	Guajolote	<i>Meleagris gallopavo</i>	Burros	<i>Equus asinus</i>
Encino	<i>Quercus polymorpha</i>	Aura	<i>Cathartes aura</i>	Caballos	<i>Equus equus</i>
Encino	<i>Quercus cambyii</i>	Pájaro azul	<i>Aphelocoma coerulescens</i>	Puercos	<i>Sus scrofa</i>
Encino	<i>Quercus laceyi</i>	Halcón	<i>Buteo jamaicensis</i>	Cabras	<i>Capra hircus</i>
Encino	<i>Quercus rysophylla</i>	Mapache	<i>Procyon lotor</i>	Borregos	<i>Ovis aries</i>
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	V.Coralillo	<i>Micrurus fulvius</i>	Perros	<i>Canis familiaris</i>
Madroño	<i>Arbutus xalapensis</i>	Chachalaca	<i>Ortalis vetula</i>		
Palma	<i>Sabal mexicana</i>	Puma	<i>Puma concolor</i>		
Pino	<i>Pinus teocote</i>	Cotorra	<i>Rhynchopsita terrisi</i>		
Pino	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Zopilote	<i>Coragyps atratus</i>		
Ramón	<i>Dalea tuberculata</i>	Coyote	<i>Canis latrans</i>		
Salvia	<i>Lantana macropoda</i>	Armadillo	<i>Dasyus novemcinctus</i>		
Tenaza	<i>Havardia pallens</i>	Comadreja	<i>Mustela frenata</i>		

Maldonado Hernández Alfonso (2001). Evaluación del proceso de erosión hídrica, en la microcuenca de captación de la presa "La Estrella", en el municipio de Linares, N.L.

Cuadro 4.- Lista de especies de flora y fauna (silvestre y doméstica), en la parte media de la microcuenca.

FLORA		FAUNA SILVESTRE		FAUNA DOMÉSTICA	
Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Alamo	<i>Platanus mexicana</i>	Venado	<i>Odocoileus virginianus</i>	Puercos	<i>Sus scrofa</i>
Anacahuita	<i>Cordia boissieri</i>	Coyote	<i>Canis latrans</i>	Cabras	<i>Capra hircus</i>
Anacua	<i>Ehretia anacua</i>	Puma	<i>Puma concolor</i>	Vacas	<i>Bos taurus</i>
Barreta	<i>Heliopsis parvifolia</i>	Zorra	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Caballos	<i>Equus equus</i>
Brasil	<i>Condalia hookeri</i>	Zorrillo	<i>Mephitis macroura</i>	Burros	<i>Equus asinus</i>
Genizo	<i>Leucophyllum frutescens</i>	Tlacuache	<i>Didelphis marsupialis</i>	Mulas	<i>Equus sp.</i>
Colima	<i>Xanthoxylum fagara</i>	Cascabel	<i>Crotalus triseriatus</i>	Perros	<i>Canis familiaris</i>
Cruceto	<i>Rhandia laetrovirens</i>	Guajolote	<i>Meleagris gallopavo</i>	Borregos	<i>Ovis aries</i>
Chile piquín	<i>Capsicum annum</i>	Ardilla	<i>Sciurus vulgaris</i>	Gallinas	<i>Gallus gallus</i>
Encino	<i>Quercus polymorpha</i>	Comadreja	<i>Mustela frenata</i>	Guajolotes	<i>M. gallopavo</i>
Encino	<i>Quercus rysophylla</i>	Zopilote	<i>Coragyps atratus</i>		
Encino	<i>Quercus laceyi</i>	Aura	<i>Cathartes aura</i>		
Encino	<i>Quercus cambyii</i>	Mapache	<i>Procyon lotor</i>		
Gavia	<i>Acacia rigidula</i>	Halcón	<i>Buteo jamaicensis</i>		
Granjeno	<i>Celtis pallida</i>	Coatí	<i>Nasua narica</i>		
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	V.Coralillo	<i>Micrurus fulvius</i>		
Maguey	<i>Agave americana</i>	Jabalí	<i>Tayassu tajacu</i>		
Nopal	<i>Opuntia canthabrigensis</i>	Papana	<i>Ortalis vetula</i>		
Palo bco.	<i>Celtis laevigata</i>	Lechuza	<i>Asio flammeus</i>		
Panadero	<i>Forestiera angustifolia</i>	Paloma	<i>Zenaida asiatica</i>		
Ramón	<i>Dalea tuberculata</i>	V.Nauyaca	<i>Botrops atrox</i>		
Salvia	<i>Lantana macropoda</i>	V.Negra	<i>Drymarchon corais erebennus</i>		
Solimán	<i>Croton torreyanus</i>	Huilota	<i>Zenaidura macroura</i>		
Sotol	<i>Dasyllirion cedrosanum</i>	Carpintero	<i>Colaptes auratus</i>		
Tatalencho	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Tordo	<i>Molothrus aeneus</i>		
Tenaza	<i>Havardia pallens</i>	Buho	<i>Asio otus</i>		
Tullidor	<i>Karwinskia humboldtiana</i>	Golondrina	<i>Hirundo rustica</i>		
Vara dulce	<i>Eysenhardtia polystachia</i>	Caracara	<i>Polyborus plancus</i>		
Zacate	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Jaguarundi	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>		

Cuadro 5.- Lista de especies de flora y fauna (silvestre y doméstica), en la parte baja de la microcuenca.

FLORA		FAUNA SILVESTRE		FAUNA DOMÉSTICA	
Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Alamo	<i>Platanus mexicana</i>	Venado	<i>Odocoileus virginianus</i>	Puercos	<i>Sus scrofa</i>
Anacahuíta	<i>Cordia boissieri</i>	Coyote	<i>Canis latrans</i>	Cabras	<i>Capra hircus</i>
Anacua	<i>Ehretia anacua</i>	Conejo	<i>Sylvilagus floridanus</i>	Vacas	<i>Bos taurus</i>
Barreta	<i>Helietta parvifolia</i>	Zorra	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Caballos	<i>Equus equus</i>
Brasil	<i>Condalia hookeri</i>	Zorrillo	<i>Mephitis macroura</i>	Burros	<i>Equus asinus</i>
Cenizo	<i>Leucophyllum frutescens</i>	Tlacuache	<i>Didelphis marsupialis</i>	Mulas	<i>Equus sp.</i>
Colima	<i>Xanthoxylum fagara</i>	V.Cascabel	<i>Crotalus triseriatus</i>	Perros	<i>Canis familiaris</i>
Cruceto	<i>Rhandia laetovirens</i>	Liebre	<i>Lepus californicus</i>	Borregos	<i>Ovis aries</i>
Chapote	<i>Dyospiros palmeri</i>	Aura	<i>Cathartes aura</i>	Gallinas	<i>Gallus gallus</i>
Chapote	<i>Dyospiros texana</i>	Zopilote	<i>Coragyps atratus</i>	Guajolotes	<i>M. gallopavo</i>
Gavia	<i>Acacia rigidula</i>	Mapache	<i>Procyon lotor</i>		
Granjeno	<i>Celtis pallida</i>	Halcón	<i>Buteo jamaicensis</i>		
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	Tejón	<i>Nasua narica</i>		
Maguey	<i>Agave americana</i>	Patos	<i>Anas spp.</i>		
Mezquite	<i>Prosopis laevigata</i>	Comadreja	<i>Mustela frenata</i>		
Nopal	<i>Opuntia canthabrigensis</i>	Cuervo	<i>Corvus corax</i>		
Palo bco.	<i>Celtis laevigata</i>	Chachalaca	<i>Ortalis vetula</i>		
Panadero	<i>Forestiera angustifolia</i>	Lechuza	<i>Asio flammæus</i>		
Ramón	<i>Dalea tuberculata</i>	Paloma	<i>Zenaida asiatica</i>		
Salvia	<i>Lantana macropoda</i>	Halcón	<i>Falco peregrinus</i>		
Solimán	<i>Croton torreyanus</i>	Codomices	<i>Colinus virginianus</i>		
Tatalencho	<i>Gymnosperma glutinosum</i>	Huilota	<i>Zenaidura macroura</i>		
Tenaza	<i>Havardia pallens</i>	Carpintero	<i>Colaptes auratus</i>		

CAPITULO IV METODOLOGÍA

A fin de explicar la hipótesis planteada, referente a la relación que existe entre la erosión y las características geomorfológicas del área, se procedió a realizar una clasificación geomorfológica de la microcuenca; para ello, se digitalizaron las cartas topográfica, edafológica y geológica, lo cual, aunado a la interpretación de las fotografías aéreas, permitió definir áreas semejantes en lo que a pendiente, sustrato geológico y tipo de suelo se refiere, y éstas fueron definidas como "unidades geomorfológicas"; en cada una de ellas se aplicó la metodología que más adelante se describe y se analizó la magnitud de la erosión hídrica, de acuerdo con los objetivos planteados.

Las unidades de relieve identificadas en las fotografías aéreas fueron clasificadas siguiendo el criterio de O.K. Leontiev y G.I. Richagov (UNAM, 1989) donde "pendiente suave" corresponde a terrenos casi planos, con 2 a 5 grados; "pendiente tendida" se refiere a terrenos con 5 a 15 grados; "pendiente media" a terrenos con pendientes entre 15 y 35 grados y "pendiente abrupta" a terrenos con más de 35 grados de pendiente.

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 propuesto por el Colegio de Postgraduados (1991), 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 periodo de tiempo. La rondana debe tener unos cuantos centímetros de diámetro, con el orificio central un poco mayor que el grosor del clavo, de manera que la rondana descenderá a medida que la erosión deslava el suelo que se halla debajo. Se usan clavos de hierro ordinarios, que al oxidarse son menos visibles y por lo tanto, menos susceptibles a ser tocados por personas que no tienen que ver con el estudio (De Poley y Gabriels, 1984).

Para esta investigación, se colocaron 44 clavos distribuidos de manera sistemática a través de todas las unidades geomorfológicas. En ellos se realizaron dos mediciones, en dos temporadas de lluvia ocurridas en 1999.

El diseño experimental que se utilizó fue un muestreo sistemático estratificado, con base en la clasificación geomorfológica realizada mediante la digitalización de las cartas edafológica y geológica y la interpretación de las formas del relieve en las fotografías aéreas escala 1:50,000 para el año 1972 y 1:75,000 para el año 1996. Las unidades delimitadas en las fotografías fueron transferidas a un mapa topográfico escala 1:50,000 y posteriormente digitalizadas, utilizando el programa de cómputo denominado *PC Arc/Info*[®]. Con esto, se generó un mapa de unidades de relieve de la microcuenca (Figura 2), al cual se sobrepusieron, nuevamente mediante su digitalización, las cartas edafológica y geológica, escala 1:50,000, editadas por el INEGI en 1975.

La ubicación de los sitios se hizo mediante una red de puntos de 1 cm² sobre este mapa generado (escala 1:50,000), para poder ubicarlos

posteriormente en el terreno auxiliándose con un geoposicionador (GPS) y un detector de metales. En cada unidad geomorfológica se colocaron clavos con rondana, excepto en aquellas áreas que se encontraban bajo agricultura y en las unidades geomorfológicas con superficies inferiores a 150 hectáreas (SUVELUT y TELULUT), donde el tamaño de la muestra resultó ser muy pequeña debido a que solo se tuvieron una o dos intersecciones; se tomaron muestras de suelo para determinar en el laboratorio la densidad aparente de cada una de ellas, y posteriormente cuantificar las pérdidas de suelo en toneladas por unidad de superficie.

Después de haber tomado las lecturas en la primera medición, los clavos que tuvieron pérdida o ganancia de suelo fueron extraídos del terreno y colocados nuevamente en el sitio, a una distancia no mayor de treinta centímetros, al norte del sitio original; esto, con la intención de evitar confusiones (duplicidad) en la toma de datos o la pérdida de los mismos.

La densidad aparente se determinó por el método denominado "Determinación gravimétrica de la densidad aparente en muestra no alterada" (Woerner, 1989), el cual consiste en la determinación del peso seco constante de una muestra con volumen definido. Para la obtención de las muestras de suelo, se utilizó un cilindro metálico de 5.5 cm de diámetro por 4 cm de altura; es decir, con un volumen de 95 cm³, el cual se enterraba en la capa superficial del suelo con la ayuda de un mazo pequeño, eliminando únicamente la hojarasca que pudiera existir en el sitio de la muestra. Con una pala se sacaba el cilindro enterrado y con la ayuda de una navaja se enrasaba el suelo sobresaliente del cilindro, para garantizar un volumen definido de suelo en cada muestra. Las muestras fueron secadas a 105 °C hasta obtener peso constante y para cada sitio de muestreo se tomaron cinco repeticiones: una en el centro de cada sitio (cerca del clavo) y una muestra a

diez metros del centro, en cada uno de los puntos cardinales para, finalmente, obtener un promedio de densidad aparente por sitio de muestreo.

En las áreas donde se presentan grandes cárcavas, se realizaron estimaciones mediante el uso de fotografías aéreas de dos fechas diferentes: 1972 (escala 1:50,000) y 1996 (escala 1:75,000). Las áreas de cárcavas fueron delimitadas estereoscópicamente sobre las fotos aéreas y transferidas a una ampliación fotográfica de escala 1:10,000 para el año 1972 (Figura 2) y 1:20,000 para el año 1996; después fueron digitalizadas mediante el programa de cómputo denominado *Arc Info*[®] para PC, versión 3.4 y posteriormente, por medio del programa *Arc View*[®], versión 2.1, fueron comparadas mediante el traslape de las áreas delimitadas, para estimar el incremento o la reducción en la extensión ocupada por éstas, así como la tendencia en su dirección de expansión o contracción. Así, con el método de los clavos y rondanas se obtuvieron datos de erosión en el corto plazo (dos periodos de lluvia) y con las fotografías aéreas se calculó el avance de las cárcavas en el periodo comprendido de 1972 a 1996 (24 años).

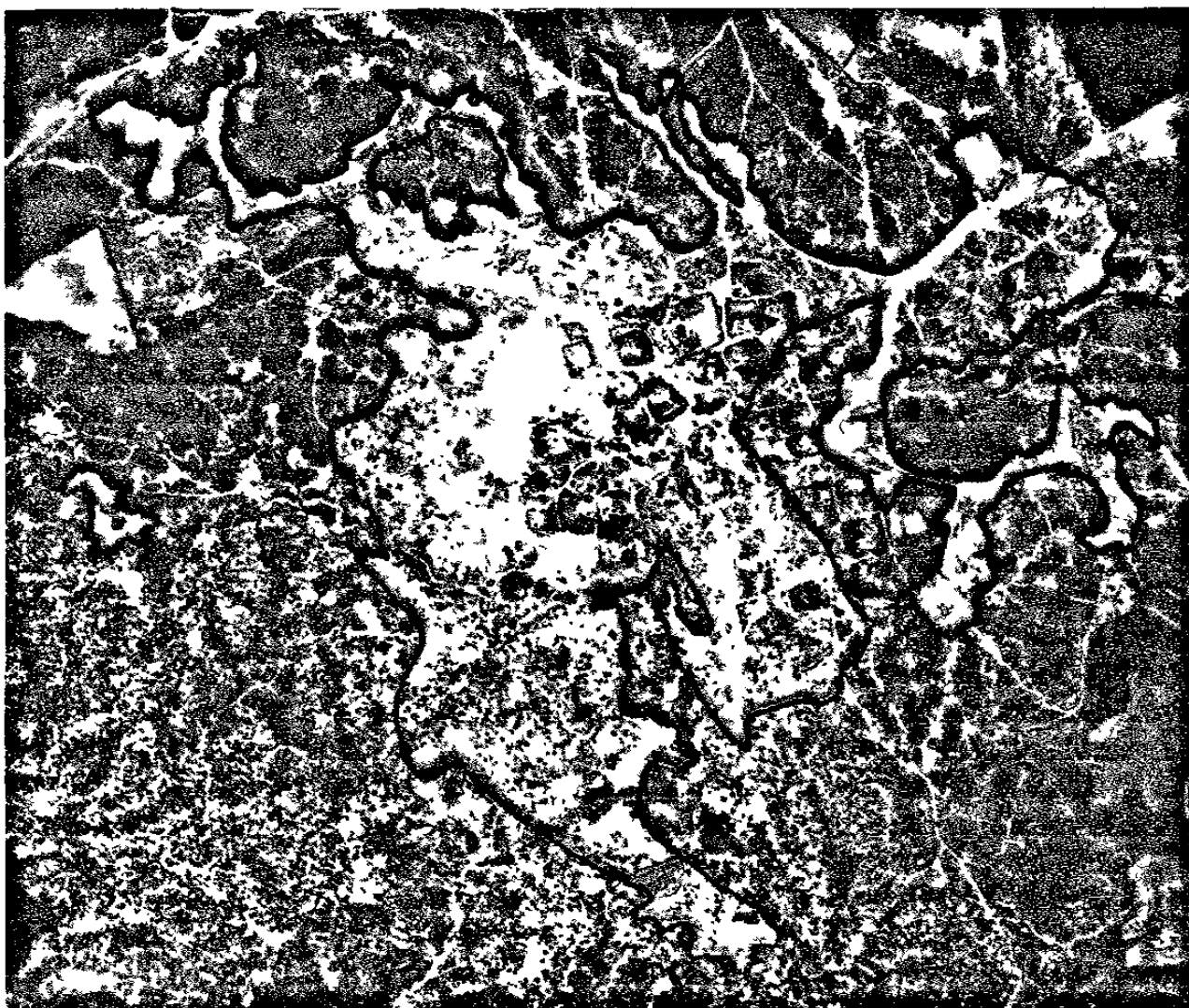


Figura 2.- Delimitación de las áreas con cárcavas, en una ampliación fotográfica escala 1:10,000 del año 1972.

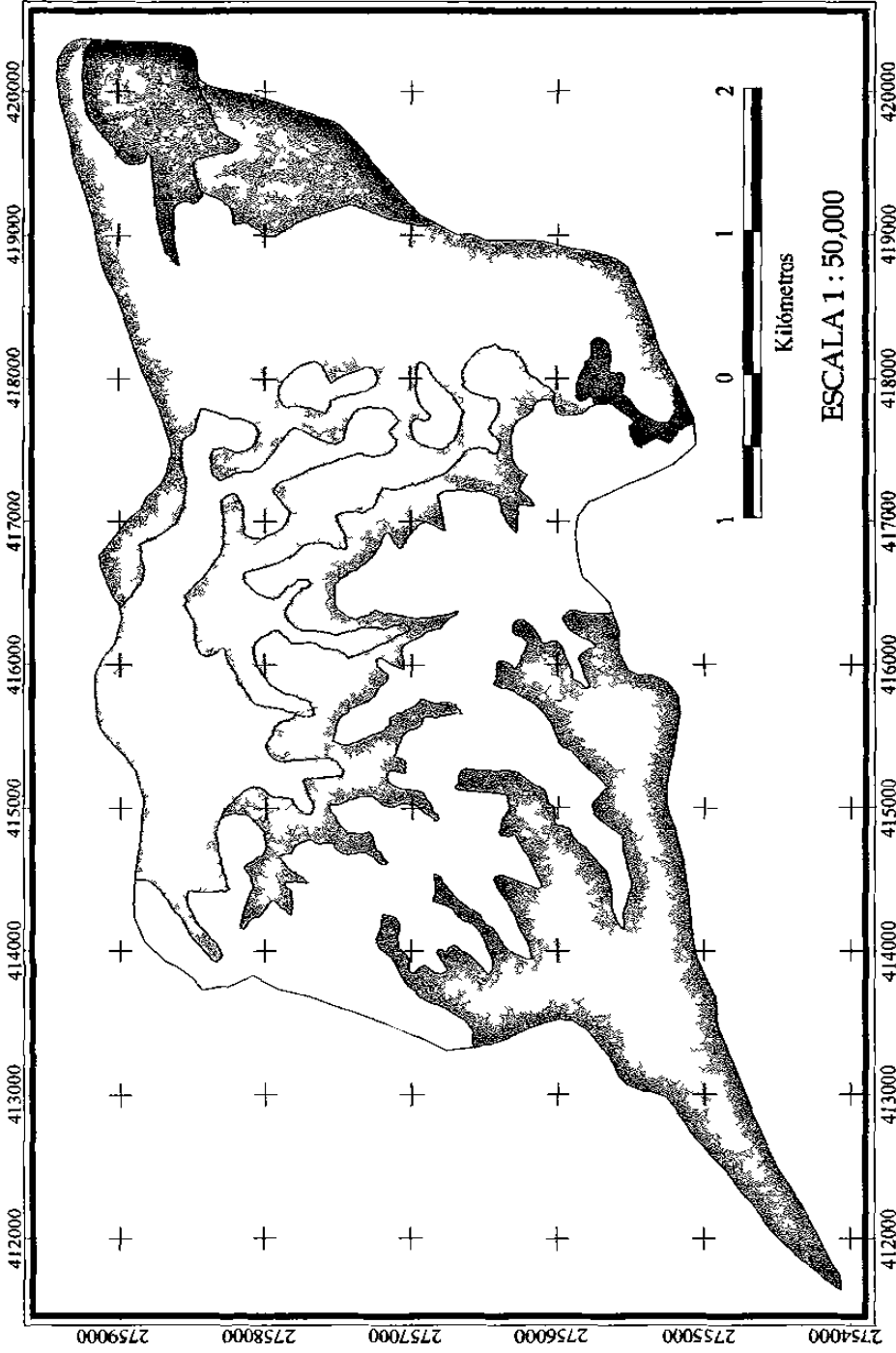
CAPITULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V.1.- CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA MICROCUENCA.

Con la estratificación realizada en la microcuenca de estudio, resultaron siete unidades geomorfológicas, además de la presa "La Estrella" (Cuadro 6 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%. Por lo que corresponde a la presa "La Estrella", ésta ocupa el 3.3% de la superficie de la microcuenca.

Cuadro 6. Superficie ocupada por cada estrato de la microcuenca.

CLAVE	DESCRIPCIÓN	SUPERFICIE (ha)
SULULUT	Pendiente suave, luvisol, lutita	620.6507
TELILUT	Pendiente tendida, litosol, lutita	570.8082
MELILUT	Pendiente media, litosol, lutita	398.7657
SURELUT	Pendiente suave, regosol, lutita	284.2750
SULILUT	Pendiente suave, litosol, lutita	209.6225
SUVELUT	Pendiente suave, vertisol, lutita	133.7318
PRESA	Presa La Estrella	77.0162
TELULUT	Pendiente tendida, luvisol, lutita	18.1299
TOTAL		2,313.0000



LEYENDA

	MELILUT (Pendiente media, litosol, lutita)		SULULUT (Pendiente suave, luvisol, lutita)
	TELILUT (Pendiente tendida, litosol, lutita)		SUVELUT (Pendiente suave, vertisol, lutita)
	SULILUT (Pendiente suave, lirosol, lutita)		TEULUT (Pendiente tendida, luvisol, lutita)
	SURELUT (Pendiente suave, regosol, lutita)		Presa "La Estrella"

Figura 3. Unidades geomorfológicas en la microcuenca de la Presa "La Estrella"

V.2.- PÉRDIDA DE SUELO SUPERFICIAL.

A efecto de poder analizar el arrastre de suelo, en función de la cantidad e intensidad de la precipitación recibida en la microcuenca, se tomaron datos "in situ" sobre estos dos parámetros en cada evento de precipitación. Los datos registrados para cada temporada de lluvia se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7.- Registro de la precipitación durante dos temporadas de lluvia.

FECHA (AÑO 1999)	PRECIPITACIÓN (mm)	DURACIÓN (Horas : minutos)	INTENSIDAD (mm/hora)
PRIMER PERIODO			
30 de abril	24.6	1:30	16.4
1 de mayo	14.8	0:30	29.6
18 de mayo	07.3	0:15	29.2
14 de junio	42.0	3:00	14.0
15 de junio	85.9	4:00	21.4
16 de junio	77.0	3:30	0.045
17 de junio	146.9	12:00	12.24
18 de junio	16.7	1:00	16.7
19 de junio	43.0	2:00	21.5
2 de julio	09.0	0:45	12.0
3 de julio	12.0	1:00	12.0
4 de julio	32.6	2:00	16.3
5 de julio	33.1	1:30	22.0
17 de julio	34.5	2:00	17.2
18 de julio	05.5	0:45	07.3
Prec. Acum. 1^{er} periodo =	Σ = 584.9	Σ = 35:05	Prom. 16.6
SEGUNDO PERIODO			
5 de septiembre	12.7	0:30	25.4
7 de septiembre	23.8	0:30	47.6
8 de septiembre	39.4	2:00	19.7
11 de septiembre	39.7	2:30	0.06
12 de septiembre	31.8	2:00	15.9
21 de septiembre	25.4	0:30	50.8
24 de septiembre	73.4	3:30	20.9
26 de septiembre	63.6	3:00	21.2
Prec. Acum. 2^o periodo =	Σ = 309.8	Σ = 14:30	Prom. 21.3

Las lecturas tomadas en cada clavo de muestreo (44 para cada fecha) se presentan en el Cuadro 8; en éste, se muestran tanto valores positivos como negativos, correspondiendo los primeros a aquellos casos en que el clavo se encontró cubierto con suelo, indicando deposición; y los segundos, a los casos en que hubo pérdida de suelo. En la parte inferior del Cuadro se muestran también los promedios, por separado, para cada caso.

Cuadro 8.- Datos de campo obtenidos para la pérdida y deposición de suelo en cada unidad geomorfológica, en la primera y segunda temporadas de lluvia.

	MELILIUT		TELILUT		SULILUT		SURELUT		SULULUT	
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
	0	0	0	3	0	0	0	-15	0	0
	0	0	0	0	-	-	-45	-5	-	-
	-	-	-	-	0	0	0	0	+20	+30
	0	0	0	3	0	0	+10	+10	-	-
	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-
	-2	-3	0	-5	0	-10	0	+10	0	-3
	-	-	0	-10	0	-15	-5	-5	-7	-3
	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
	-5	+15	0	0	-	-	0	+10	-	-
	-2	0	0	0	-	-	-	-	0	0
	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	-	-	0	-10	-	-	-	-	-	-
	-	-	0	-4	-	-	-	-	-	-
PROMEDIO DE PÉRDIDA	-1.29	-0.43	0	-2.42	0	-2.78	-5.55	-2.77	-1.00	-0.85
PROMEDIO DE DEPOSICIÓN	0	+2.14	0	+0.5	0	0	+1.11	+3.33	+2.85	+4.28

NOTA.- Todos los valores están expresados en milímetros. Los números negativos indican pérdida de suelo, los números positivos indican acumulación de suelo.

Las lecturas tomadas en campo, expresadas en milímetros, fueron transformadas a toneladas por hectárea (Ton/ha) para cada temporada de medición. Para ello, se multiplicó la lectura de campo (convertida a metros) por la densidad aparente promedio (Anexo 1) 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 (Cuadro 9). En éste y todos los Cuadros siguientes, las unidades geomorfológicas están ordenadas de mayor a menor altitud; es decir, de la parte alta a la parte baja de la microcuenca.

Cuadro 9.- Cálculo de la pérdida o remoción de suelo.

UNIDAD GEO-MORFO-LÓGICA	Densidad Aparente (Ton/m ³)	Pérdida de suelo en la 1ª Temp. (Ton/ha)	Pérdida de suelo en la 2ª Temp. (Ton/ha)	Pérdida Promedio (Ton/ha/año)	Superficie (ha)	Pérdida de suelo en la 1ª Temporada (Ton)	Pérdida de suelo en la 2ª Temporada (Ton)	PÉRDIDA TOTAL (Ton)
MELILUT	1.3	16.76	5.58	22.3	398.8	6,683.9	2,225.3	8,909.2
TELILUT	1.3	0	31.45	31.4	570.8	0	17,951.7	17,951.7
SULILUT	1.4	0	38.91	38.9	209.6	0	8,155.5	8,155.5
SURELUT	1.2	66.59	33.23	99.8	284.3	18,931.5	9,447.3	28,378.8
SULULUT	1.5	14.99	12.74	27.7	620.7	9,304.3	7,907.7	17,212.0
TOTAL =					2,084.2	34,919.7	45,687.5	80,607.2
PROMEDIO =								38.6 Ton/ha

La pérdida de suelo promediada para el área evaluada (90% de la superficie de la microcuenca) fue de 38.6 Ton/ha, 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/año (Pimentel y Kounang, 1998), por lo que se deduce que, tal como se plantea en una de las hipótesis de esta investigación, la microcuenca de captación de la presa "La Estrella" se encuentra bajo un proceso acelerado de erosión.

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, Sancholuz (1984) reporta valores de erosión de hasta 492 Ton/ha/año y Raa (1983) de hasta 1,296 Ton/ha/año; ambos autores utilizaron la Ecuación Universal de pérdida de suelo para realizar dichas estimaciones. Sin embargo, los datos reportados a partir de mediciones directas en campo parecen ser más concordantes con los valores obtenidos en esta investigación. Torres (1987) utilizando el método de clavos con rondanas, reportó valores de erosión de 151.7 Ton/ha para áreas con pendientes mayores al 30% y de 15 Ton/ha para zonas de pendiente entre 0 y 8%, en áreas con escasa o nula vegetación.

Si bien es cierto que la pendiente tiene un fuerte peso en la magnitud de la erosión que se presenta, en el caso de la microcuenca que aquí se estudió, la cobertura vegetal y el impacto antropogénico que se da en el área parecen ser los factores que están determinando, en mayor medida, la magnitud de la erosión. 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/año) corresponde a una pendiente suave (1-5%), pero con muy escasa cobertura vegetal (<30%); lo cual concuerda con lo reportado por Trimble y Mendel (1995), quienes estimaron que si la cobertura del suelo decrece de 100 a 1%, los valores de erosión se incrementan en aproximadamente 200 veces.

La unidad geomorfológica con mayor pendiente (MELILUT; entre 15 y 35% de pendiente) registró el valor más bajo (22.3 Ton/ha/año) de erosión, siendo la más distante del poblado y con mayor cobertura vegetal.

La intensidad de la precipitación pluvial influye tanto o más que la cantidad de la precipitación pluvial total en la erosión. La erosión alcanza su máximo nivel cuando la lluvia intensa y la cubierta vegetal están desfasadas, como suele ocurrir en un alto grado en los climas semiáridos y mediterráneos (Kirkby, 1984). En el Cuadro 7 se puede observar que, en el área de estudio, durante el primer periodo de lluvia, ocurrido de abril a julio de 1999, la precipitación fue casi el doble que en el segundo periodo. Sin embargo, en el segundo periodo se registran precipitaciones de mayor intensidad así como mayores pérdidas de suelo (Cuadro 9), siendo esto coincidente con el criterio de Evans (1984) quien menciona que una precipitación pluvial intensa sobre suelo seco es un factor de gran peso en la erosión.

En el Cuadro 9 se observa que las tres unidades geomorfológicas (TELILUT, SULILUT y SURELUT) que se encuentran cerca del núcleo de población del ejido Loma Alta son las que presentaron mayor pérdida de suelo, y precisamente donde se encuentra ubicada la cabecera ejidal, en la unidad geomorfológica denominada SURELUT, es donde se genera más erosión, con pérdidas de casi 100 Ton/ha/año.

Sin embargo, durante el desarrollo del presente trabajo no solamente se registraron las pérdidas de suelo, también se midió la deposición o acumulación de suelo en algunas partes del área de estudio, principalmente en las partes bajas de la microcuenca como se muestra en el Cuadro 8.

En la unidad geomorfológica más baja (SULULUT), durante los recorridos de campo se observó acumulación de suelo en las parcelas agrícolas, en los lechos de los arroyos y sobre todo, en la parte donde estos vierten sus aguas al vaso de la presa "La Estrella". Este suelo posiblemente ha sido arrastrado por las corrientes de agua desde las partes altas de la microcuenca y poco a poco se ha ido acumulando en estas partes bajas. En

esta unidad, aún cuando se registraron pérdidas de suelo considerables (27.7 Ton/ha/año) la cantidad de suelo depositado fue notablemente superior (107.9 Ton/ha/año) (Cuadros 8 y 10).

La deposición de suelo ocurrió también, aunque en menor grado, en la unidad geomorfológica denominada MELILUT, que corresponde a la parte más alta de la microcuenca, donde en la primera temporada de lluvia se registró una pérdida de suelo considerable (16.76 Ton/ha), mientras que en la segunda hubo una deposición de 27.8 Ton/ha (Cuadro 10). Lo anterior se explica, debido a que en el tiempo intermedio entre una temporada de lluvia y otra, se construyó un camino para la extracción de productos forestales maderables en esa unidad, lo cual ocasionó un gran arrastre de suelo que, inclusive, cubrió algunos de los clavos que fueron colocados ahí, por lo que fue necesario utilizar el detector de metales para localizarlos. En esta parte de la microcuenca, se ubica una pequeña propiedad que se encuentra bajo aprovechamiento forestal maderable de tipo persistente; la escasa planificación en la construcción del camino y la fuerte intensidad de corta aplicada, ocasionaron un impacto ambiental grave que se refleja en la pérdida de suelo superficial en la parte alta de la microcuenca.

Así como éste, existen diversos factores que contribuyen al proceso de erosión hídrica del área de estudio y probablemente, de todas aquellas áreas donde se hace un uso intensivo de los recursos naturales. A juzgar por los resultados obtenidos en esta investigación, la magnitud de la erosión presenta una mayor relación con la intensidad de la precipitación y con el tipo de uso del suelo, que con las características geomorfológicas de la microcuenca.

Cuadro 10.- Cálculo de la deposición o acumulación de suelo.

UNIDAD GEO-MORFO-LÓGICA	Densidad Aparente (Ton/m ³)	Deposición de suelo en la 1ª Temporada (Ton/ha)	Deposición de suelo en la 2ª Temporada (Ton/ha)	Deposición Promedio (Ton/ha/año)	Superficie (ha)	Deposición de suelo en la 1ª Temporada (Ton)	Pérdida de suelo en la 2ª Temporada (Ton)	DEPOSICIÓN TOTAL (Ton)
MELILUT	1.3	0	27.8	27.8	398.8	0	11,086.6	11,086.6
TELILUT	1.3	0	6.5	6.5	570.8	0	3,710.2	3,710.2
SULILUT	1.4	0	0	0	209.6	0	0	0
SURELUT	1.2	13.3	39.9	53.2	284.3	3,781.2	11,343.6	15,124.8
SULULUT	1.5	43.7	64.2	107.9	620.7	27,124.6	39,848.9	66,973.5
TOTAL =					2,084.2	30,905.8	65,989.3	96,895.1
PROMEDIO =								46.5 Ton/ha

La constante deposición del material mineral, arrastrado de las partes altas de la microcuenca, en las áreas agrícolas, lejos de favorecer a esos terrenos, impide la estructuración de horizontes en los mismos, sepultando, en cada evento de acumulación, la materia orgánica que pudiera haberse acumulado en la superficie, quedando inaccesible para las plántulas en sus etapas iniciales de desarrollo.

El arrastre y deposición de suelo afecta no sólo las tierras de la microcuenca, sino también el área de la presa "La Estrella", ya que los sedimentos que recibe en cada temporada de lluvia, van reduciendo la capacidad de almacenamiento de la misma. Sería importante determinar, quizás en futuras investigaciones, las tasas de sedimentación que existen en esta presa, para el cálculo de aforos de sedimentos en la microcuenca y para el estudio de la relación entre la erosión hídrica y el ecosistema.

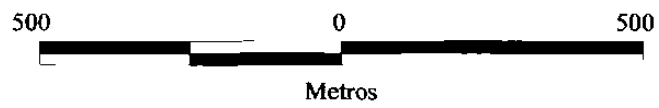
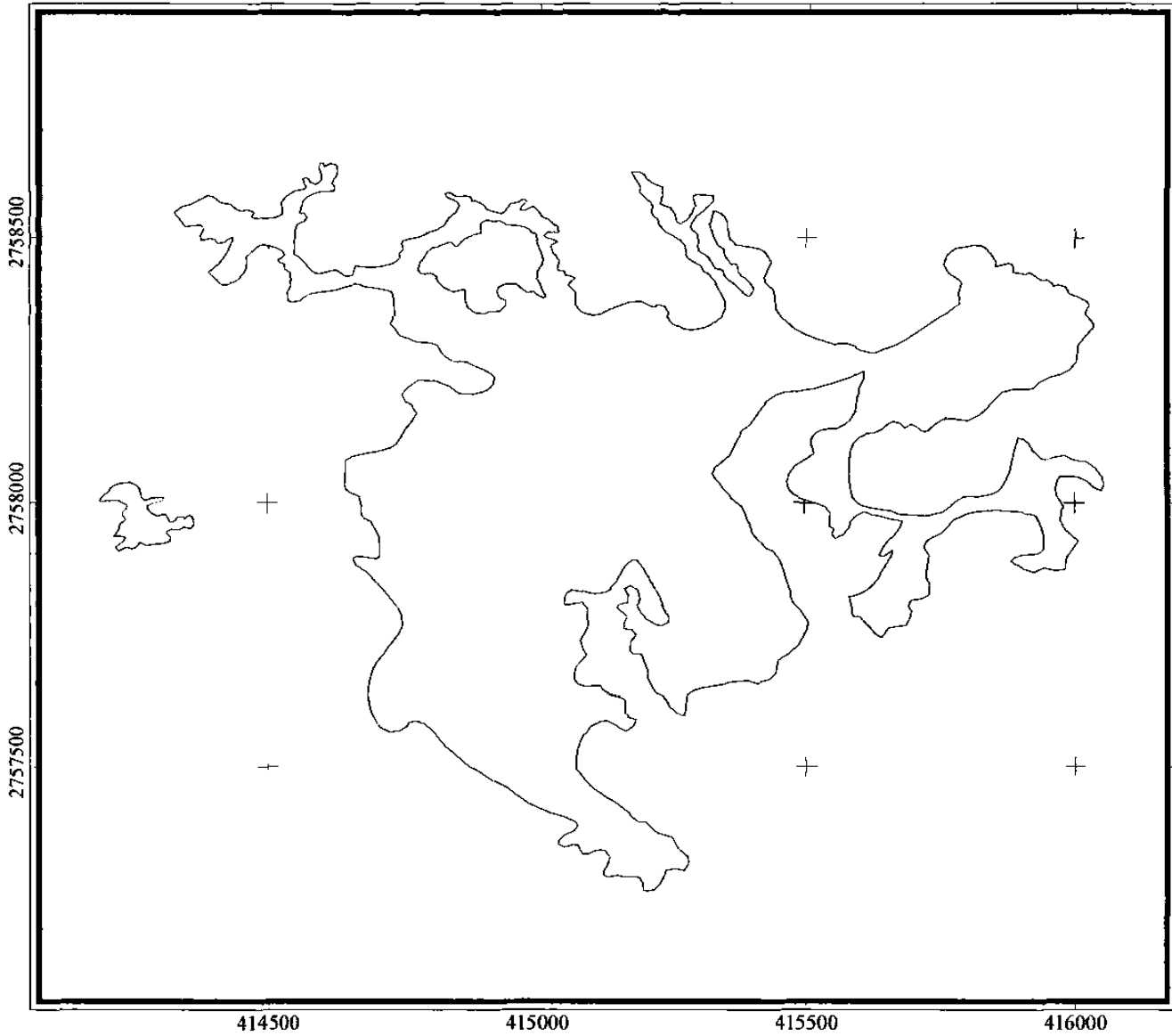
Maldonado Hernández Alfonso (2001). Evaluación del proceso de erosión hídrica, en la microcuenca de captación de la presa "La Estrella", en el municipio de Linares, N.L.

En promedio, en las dos temporadas de lluvia se depositaron aproximadamente 107 toneladas de suelo por hectárea en la unidad geomorfológica más baja, denominada SULULUT, adyacente a la presa (Cuadro 10). Los valores de deposición de suelo obtenidos, dan una idea aproximada de la cantidad de suelo que se deposita, año con año, en dicha presa.

V.3.- AVANCE DE CÁRCAVAS EN EL EJIDO LOMA ALTA.

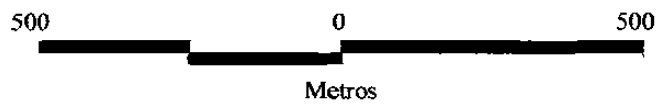
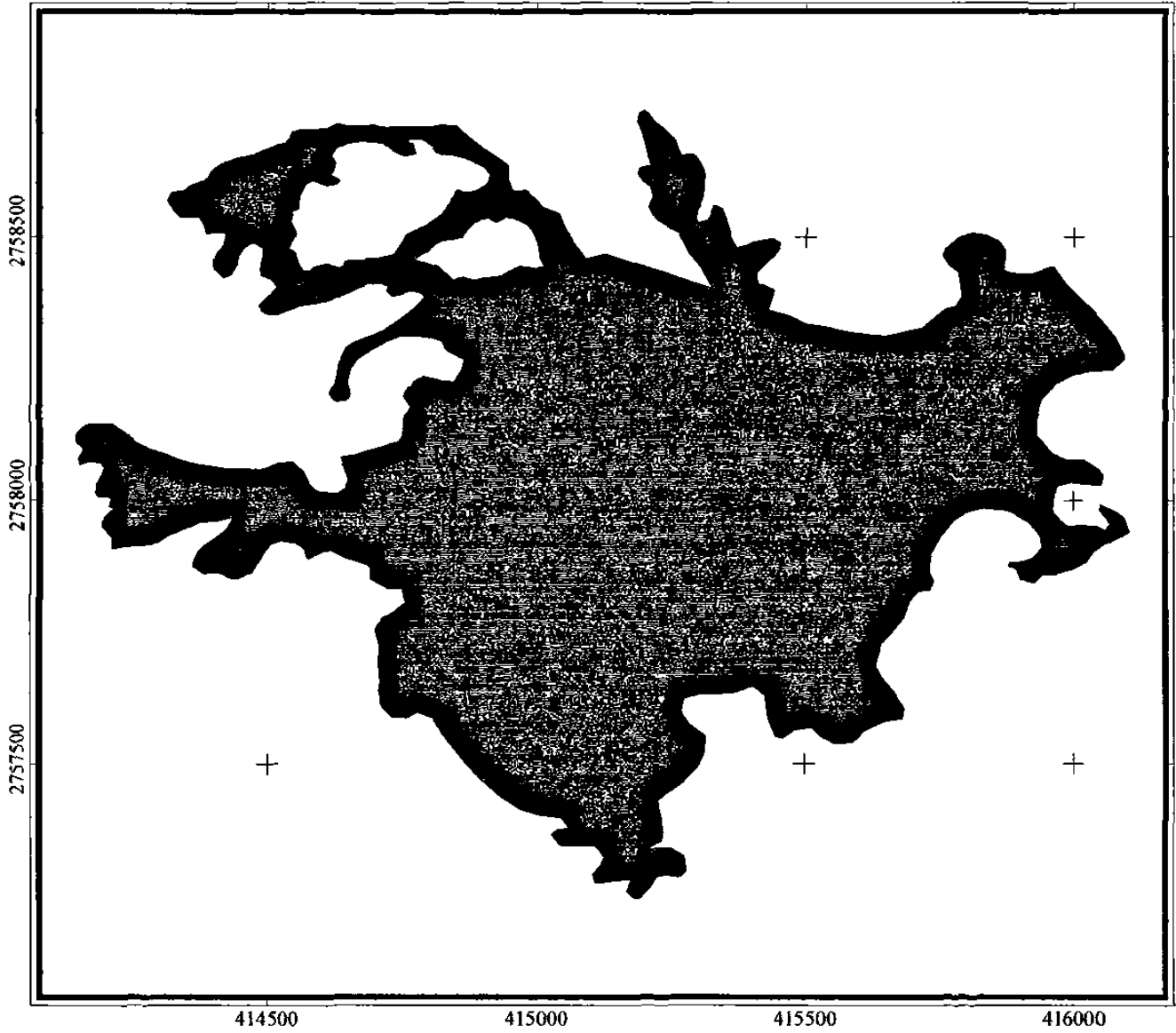
Mediante la digitalización de las fotografías aéreas, realizada con los programas de cómputo denominados *Arc Info*® para PC, versión 3.4 y *Arc View*®, versión 2.1, se hizo la comparación de las áreas con cárcavas delimitadas en dichas fotografías y se observó un incremento de 44 hectáreas en la superficie afectada. En 1972, la superficie afectada fuertemente por erosión hídrica era de 81 hectáreas (Figura 4), y para 1996 aumentó a 125 hectáreas (Figura 5). Dicho incremento se observa principalmente alrededor del núcleo de población y hacia las partes altas de la sierra (Figura 6).

El aumento en la superficie degradada se debe, sin duda, al fuerte impacto antropogénico sobre los recursos naturales, ya que, inmediatamente en los alrededores del ejido Loma Alta la gente se abastece de leña para combustible, postes o "estantes" para circular sus potreros y solares, madera para la construcción de viviendas y muebles rústicos; pero sobretodo, pastorea sus animales domésticos en forma libre e indiscriminada, lo cual ha ocasionado el deterioro de los suelos; por ejemplo, existen rebaños de cabras que solo son acompañadas y pastoreadas por perros; estos rebaños pernoctan en el bosque, en lugares donde se sienten protegidos de los depredadores y estos lugares quedan completamente destruidos porque las cabras consumen todo lo que está a su alcance; así se forman pequeños "manchones de erosión", que con el paso del tiempo y de las lluvias comienzan a crecer, formando primero pequeños surcos que se convierten rápidamente en cárcavas.



ESCALA 1 : 12,500

Figura 4. Área de cárcavas en 1972



ESCALA 1 : 12,500

Figura 5. Área de cárcavas en 1996

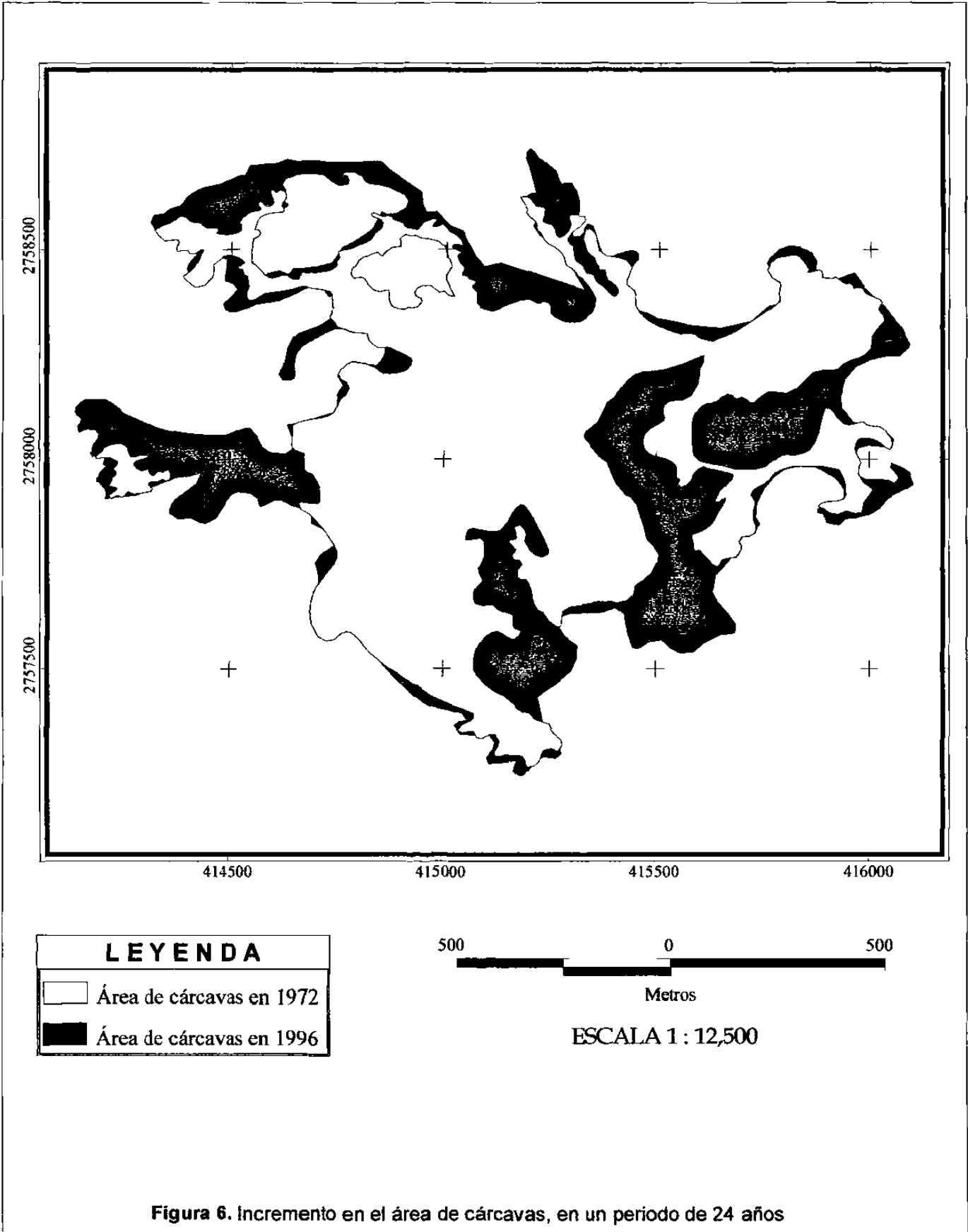


Figura 6. Incremento en el área de cárcevas, en un periodo de 24 años

El uso de los recursos naturales por medio del pastoreo y por alguna forma de utilización de plantas, por ejemplo en forma de leña, puede agotar rápidamente al suelo y convertir en desierto las tierras marginales (Kirkby, 1984); por ejemplo, otro problema grave que se presenta en esta microcuenca es el libre pastoreo de puercos en los bosques, en los matorrales, en los pastizales, en los arroyos, en los cuerpos de agua y en las áreas urbanas; es decir, los puercos se encuentran libres en prácticamente toda la superficie de la microcuenca, pero en la época de fructificación de los encinos prefieren las partes altas de la sierra, porque buscan las bellotas para alimentarse. Estos animales, para pernoctar prefieren los lugares cercanos a las casas de sus dueños, o en su defecto, la protección de alguna cueva o de la pared de una cárcava, ocasionando al igual que las cabras la destrucción de su propio dormitorio. Pero el problema principal consiste en que los puercos, con su fuerte hocico, buscan también larvas de insectos, raíces y hongos que se encuentran bajo la superficie del suelo; en esta búsqueda de alimento, aflojan el suelo superficial y lo dejan expuesto a la acción de las lluvias y del viento; este suelo es fácilmente transportado por los escurrimientos fluviales hacia las partes bajas, después es transportado por el agua a través de los arroyos y finalmente es depositado en los cuerpos de agua y en las parcelas agrícolas de la parte baja de la microcuenca. De la misma manera en que pastorean las cabras y los puercos, en toda el área de estudio pastorean las vacas, los caballos, burros, mulas, borregos, gallinas, guajolotes y toda clase de animales domésticos, por lo que existe un sobrepastoreo del área, lo cual constituye el principal factor causante de la erosión en esta microcuenca. Es por esto que, en el análisis que se hizo del avance de cárcavas mediante fotografías aéreas de dos fechas diferentes, se observa un aumento en la superficie ocupada por cárcavas en los alrededores del ejido Loma Alta, ya que son estas áreas las que tienen mayor presión en el uso de los recursos naturales y por consiguiente, se están desertificando.

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El enfoque geomorfológico que se aplicó para describir, caracterizar y delimitar las unidades de muestreo resultó una estrategia útil, ya que mediante la delimitación de unidades ambientales físicas con determinadas características, se facilitó el trabajo de campo y la interpretación de los resultados.

La erosión promedio en la microcuenca fue de 38.6 Ton/ha en un año, equivalente a un arrastre de 80,607 Toneladas de suelo.

Con base en estas cifras se puede concluir que, efectivamente, la microcuenca de captación de la presa "La Estrella" se encuentra bajo un proceso acelerado de erosión hídrica, ya que en todas las unidades geomorfológicas se registró este fenómeno.

La unidad SURELUT (pendiente suave, regosol, sobre lutita) presentó los valores de erosión más altos (99.8 Ton/ha/año); mientras que en la unidad geomorfológica denominada MELILUT (pendiente media, litosol, sobre lutita) se registraron las menores pérdidas de suelo (22.3 Ton/ha/año).

La magnitud de la erosión estimada presentó una mayor relación con la intensidad de la precipitación y con el uso del suelo, que con las características geomorfológicas de la microcuenca, ya que no se observó una relación directa de la erosión con la pendiente del terreno.

El área cubierta con cárcavas se incrementó significativamente (54%) en el periodo de 24 años (1972-1996), pasando de 81 a 125 hectáreas. El mayor crecimiento del área de cárcavas se presentó alrededor del núcleo de población y hacia las partes altas de la sierra.

La utilización de microcuencas como unidades de estudio y manejo de ecosistemas naturales y agroecosistemas, debe fomentarse como una estrategia de conservación de suelos. Los resultados obtenidos durante el desarrollo de esta investigación, demuestran que en el área de estudio existe un proceso acelerado de desertificación; por lo tanto, se recomienda sea considerada como un área prioritaria para su restauración y, se propone a la Universidad Autónoma de Nuevo León que, por medio de la Facultad de Ciencias Forestales, elabore la propuesta correspondiente para la declaratoria de esta microcuenca como una Zona de Restauración Ecológica; de conformidad con lo establecido en el Capítulo II de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1996) y en el Artículo 32 de la Ley Forestal vigente (1997), mediante los cuales se faculta a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) para formular y ejecutar programas de restauración ecológica, tendientes a la recuperación y al restablecimiento de las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los procesos naturales que en esta microcuenca se desarrollaban, en beneficio de nuestra generación y de las generaciones futuras.

LITERATURA CITADA

- Alanís, F. G. J., 1991.** Caracterización estructural y ecológica de los matorrales de la Planicie Costera del Golfo en el Estado de Nuevo León. Reporte del Proyecto SEP No. 88-0131-112-05. Linares, N.L. México.
- Aparicio M. F. J., 1996.** Fundamentos de hidrología de superficie. Cuarta Reimpresión. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México, D.F. 303 pp.
- Bocco G. y M. E. Mendoza, 1997.** La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo. *Geografía y Desarrollo*, 20 pp.
- Buckman, H. O. y Brady, N. C., 1982.** Naturaleza y propiedades de los suelos. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, S.A. de C.V. (UTEHA). México, D.F. 590 pp.
- Carabias J., 1996.** Segunda Conferencia Regional Latinoamericana y del Caribe sobre la Convención de Lucha contra la Desertificación. Conferencia magistral presentada en el acto de inauguración. México, D.F.
- Colegio de Postgraduados, 1991.** Manual de conservación del suelo y del agua. Tercera edición. Chapingo, México.
- CONAZA, 1994.** Plan de Acción para Combatir la Desertificación en México. Primera edición. Saltillo, Coah. México. 160 pp.

De Poley, J. y D. Gabriels, 1984. Medición de la pérdida de suelo y estudios experimentales. En: Erosión de suelos, editado en 1980 por M. J. Kirkby y R. P. C. Morgan y por John Wiley and Sons Ltd. Primera edición en español por Editorial LIMUSA, S.A. México, D.F. pp. 89-139.

Evans, R., 1984. Mecanismos de la erosión hídrica y sus controles espaciales y temporales: un punto de vista empírico. En: Erosión de suelos. Editado en 1980 por M. J. Kirkby y R. P. C. Morgan. Primera edición en español por Editorial LIMUSA, S.A. México, D.F. pp. 141-163.

FAO, 1979. Metodología provisional para la evaluación de la desertificación. Roma, Italia.

Galicia L., García O. F. y López B. J., 1995. Efecto de la estructura jerárquica del relieve en la distribución de las características físicas de los suelos en una cuenca tropical estacional mexicana. . *Investigaciones Geográficas*, Boletín Especial No. 3. Instituto de Geografía, UNAM, México. pp. 53-75.

Garza J. F. A., 1993. Mapeo geológico en el área Purísima de Conchos, Linares, N.L. y análisis de sedimentos fluviales de los ríos Pablillo, Potosí, Anegado y Conchos en la misma área. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias de la Tierra, U.A.N.L. Linares, N.L. México. 218 pp.

Geissert D. y Dubroeuq D., 1995. Influencia de la geomorfología en la evolución de suelos de dunas costeras en Veracruz, México.

Maldonado Hernández Alfonso (2001). Evaluación del proceso de erosión hídrica, en la microcuenca de captación de la presa "La Estrella", en el municipio de Linares, N.L.

Investigaciones Geográficas, Boletín Especial No. 3. Instituto de Geografía, UNAM, México. pp. 37-51.

INEGI, 1986. Síntesis Geográfica del Estado de Nuevo León. México, D.F. 170 pp.

INEGI, 1990. Censo General de Población y Vivienda para el Estado de Nuevo León. Datos por localidad. México.

Kirkby, J.J., 1984. El Problema. Capítulo I del libro Erosión de suelos, editado en 1980 por M. J. Kirkby y R. P. C. Morgan y por John Wiley and Sons Ltd. Primera edición en español por Editorial LIMUSA, S.A. México, D.F. pp. 15-33.

López B. J. y J. L. Palacio, 1995. "Cuantificación del crecimiento de las áreas erosionadas en cabeceras de cárcavas, procesando imágenes de vídeo". Investigaciones Geográficas, Boletín número especial 3. Instituto de Geografía, UNAM. México. pp. 77-99.

Maass M. J. M. y García-Oliva F., 1990. La conservación de suelos en zonas tropicales: el caso de México. Revista Ciencia y Desarrollo, volumen XV, número 90, pp. 21-36.

MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transportes), 1992. Guía para la elaboración de estudios del medio físico (contenido y metodología). Monografías de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Madrid, España. 478 pp.

Pando M.; Jurado E.; Navar J. y Manzano M., 1996. Considerations for evaluating land degradation in northeast México. Proceedings of the

Maldonado Hernández Alfonso (2001). Evaluación del proceso de erosión hídrica, en la microcuenca de captación de la presa "La Estrella", en el municipio de Linares, N.L.

Fifth International Conference on Desert Development. Texas Tech University. p. 15.

Pimentel D. y Kounang N., 1998. Ecology of soil erosion in ecosystems. College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, New York, USA. In Ecosystems (1998) 1:416-426.

SARH y UANL, 1992. Estudio y diagnóstico de las cuencas Galeana y Mimbres. Distrito de Desarrollo Rural Galeana y Departamento de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N.L. México. 227 p.

SEDUE, 1988. Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica. México, D.F. 356 pp.

SEMARNAP, 1997. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente / Delitos Ambientales. Primera Edición. Dirección General Jurídica. México, D.F. 205 pp.

SEMARNAP, 1998. Ley Forestal y su Reglamento. Primera Edición. Subsecretaría de Recursos Naturales. México, D.F. 168 pp.

Torres, J.J., 1987. Ecología y uso de los recursos naturales renovables de la cuenca del río San Marcos, Tamaulipas, México. Facultad de Ciencias, UNAM. Tesis.

Treviño, G. E. J.; Akça, A.; Jurado, E.; Barajas, L., 1997. Análisis retrospectivo y situación actual de la vegetación en el municipio de Linares, N.L. México. Memorias en disco compacto del VIII Simposio

Maldonado Hernández Alfonso (2001). Evaluación del proceso de erosión hídrica, en la microcuenca de captación de la presa "La Estrella", en el municipio de Linares, N.L.

Latinoamericano de Percepción Remota. Mérida, Venezuela. 2-7 de noviembre de 1997. 12 pp.

Treviño, G. E. J.; Akça, A.; Navar, J.; Jiménez, J. y Aguirre, O., 1999. Detection of land use change by satellite imagery in the municipality of Linares, Nuevo León, México. Compact Disk Proceedings of the Fifth International Conference on Desert Development. Volume I. Texas Tech University. Lubbock, Tx. U.S.A. pp. 236-240.

Trimble, S.W. y A.C. Mendel, 1995. The cow as a geomorphic agent: a critical review. *Geomorphology*, 13:233-253.

UNAM, 1989. Diccionario Geomorfológico. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Woerner P. M., 1989. Métodos químicos para el análisis de suelos calizos de zonas áridas y semiáridas. Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L., Linares, N.L., México. 105 pp.

Young A., 1989. Agroforestry for soil conservation. Science and Practice of Agroforestry No. 4. Nairobi. ICRAF, 276 pp.

ANEXO 1

DENSIDAD APARENTE, ESTIMADA PARA CADA UNIDAD GEOMORFOLÓGICA.

CLAVE	SITIO	UBICACIÓN	PESO (gr)	VOLUMEN (cm ³)	D.Ap.(gr/cm ³)	D. Ap. Prom. (redondeado)
MELILUT	SITIO # 3	CENTRO	119.55	92	1.299	
MELILUT	SITIO # 3	ESTE	93	81	1.148	
MELILUT	SITIO # 3	NORTE	96.36	86	1.120	
MELILUT	SITIO # 3	OESTE	85.4	79	1.081	
MELILUT	SITIO # 3	SUR	115.96	85	1.364	
				Promedio =	1.203	
MELILUT	SITIO # 8	CENTRO	152.09	93	1.635	
MELILUT	SITIO # 8	ESTE	76.84	72	1.067	
MELILUT	SITIO # 8	NORTE	112.96	83	1.361	
MELILUT	SITIO # 8	OESTE	133.47	91	1.467	
MELILUT	SITIO # 8	SUR	107.29	90	1.192	
				Promedio =	1.344	1.3
TELILUT	SITIO # 9	CENTRO	83.46	80	1.043	
TELILUT	SITIO # 9	ESTE	99.2	76	1.305	
TELILUT	SITIO # 9	NORTE	57.13	54	1.058	
TELILUT	SITIO # 9	OESTE	129.95	91	1.428	
TELILUT	SITIO # 9	SUR	112.01	89	1.259	
				Promedio =	1.219	
TELILUT	SITIO # 13	CENTRO	86.04	92	0.935	
TELILUT	SITIO # 13	ESTE	125.86	87.5	1.438	
TELILUT	SITIO # 13	NORTE	128.8	92	1.400	
TELILUT	SITIO # 13	OESTE	173.92	87	1.999	
TELILUT	SITIO # 13	SUR	124.42	91	1.367	
				Promedio =	1.428	1.3
SULILUT	SITIO # 2	CENTRO	164.63	93	1.770	
SULILUT	SITIO # 2	ESTE	52.15	47	1.110	
SULILUT	SITIO # 2	NORTE	46.49	35	1.328	
SULILUT	SITIO # 2	OESTE	86.26	75	1.150	
SULILUT	SITIO # 2	SUR	59.5	65	0.915	
				Promedio =	1.255	
SULILUT	SITIO # 3	CENTRO	135.35	93	1.455	
SULILUT	SITIO # 3	ESTE	135.92	89	1.527	
SULILUT	SITIO # 3	NORTE	155.92	93	1.677	
SULILUT	SITIO # 3	OESTE	168.1	94	1.788	
SULILUT	SITIO # 3	SUR	81.74	70	1.168	
				Promedio =	1.523	

A N E X O 1 (Continuación)

CLAVE	SITIO	UBICACIÓN	PESO (gr)	VOLUMEN (cm ³)	D.Ap.(gr/cm ³)	D. Ap. Prom. (redondeado)
SULILUT	SITIO # 5	CENTRO	104.31	84	1.242	
SULILUT	SITIO # 5	ESTE	101.38	71	1.428	
SULILUT	SITIO # 5	NORTE	58.38	44	1.327	
SULILUT	SITIO # 5	OESTE	127.15	87	1.461	
SULILUT	SITIO # 5	SUR	77.52	54	1.436	
				Promedio =	1.379	1.4
SURELUT	SITIO # 2	CENTRO	111.81	91	1.229	
SURELUT	SITIO # 2	ESTE	91.73	89	1.031	
SURELUT	SITIO # 2	NORTE	96.22	90.5	1.063	
SURELUT	SITIO # 2	OESTE	112.85	93	1.213	
SURELUT	SITIO # 2	SUR	108.41	87	1.246	
				Promedio =	1.156	
SURELUT	SITIO # 5	CENTRO	71.97	57	1.263	
SURELUT	SITIO # 5	ESTE	59.32	55	1.079	
SURELUT	SITIO # 5	NORTE	115.91	180.5	0.642	
SURELUT	SITIO # 5	OESTE	130.67	94.7	1.380	
SURELUT	SITIO # 5	SUR	78.84	72	1.095	
				Promedio =	1.092	
SURELUT	SITIO # 8	CENTRO	129.3	94	1.376	
SURELUT	SITIO # 8	ESTE	143.35	90	1.593	
SURELUT	SITIO # 8	NORTE	130.06	72	1.806	
SURELUT	SITIO # 8	OESTE	102.06	81	1.260	
SURELUT	SITIO # 8	SUR	130.76	90	1.453	
				Promedio =	1.498	1.2
SULULUT	SITIO # 6	CENTRO	128.59	94	1.368	
SULULUT	SITIO # 6	ESTE	158.1	94.6	1.671	
SULULUT	SITIO # 6	NORTE	140.2	93.5	1.499	
SULULUT	SITIO # 6	OESTE	116.9	93	1.257	
SULULUT	SITIO # 6	SUR	167.15	94	1.778	
				Promedio =	1.515	1.5

NOTA: Los valores de peso y volumen, fueron ajustados después de haber eliminado las piedras de la muestra.

