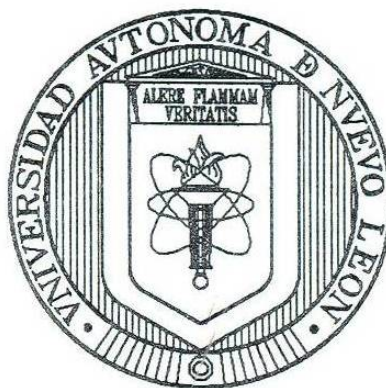


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**EVALUACIÓN DEL GERMOPLASMA EN EL SUELO EN UN ECOSISTEMA
CON ALTO GRADO DE DESERTIFICACIÓN EN EL NORESTE DE
MÉXICO.**

TESIS DE MAESTRÍA

Como requisito parcial para obtener el Grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

BIOL. DAVID CASTILLO QUIROZ

Linares, N.L., México

Enero de 2000

TM
Z599
FCF
2000
C3

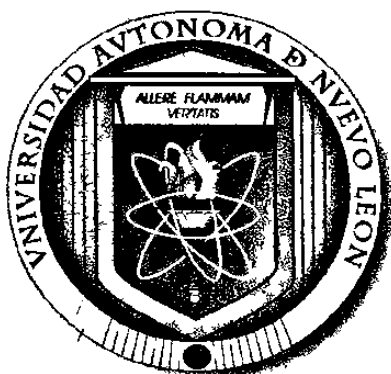


1020129152

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



**EVALUACIÓN DEL GERMOPLASMA EN EL SUELO EN UN ECOSISTEMA
CON ALTO GRADO DE DESERTIFICACIÓN EN EL NORESTE DE
MÉXICO.**

TESIS DE MAESTRÍA

Como requisito parcial para obtener el Grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

BIOL. DAVID CASTILLO QUIROZ

Linares, N.L., México

Enero de 2000

TM.
ZC991
FCE
2000
C²



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

Evaluación del germoplasma en el suelo en un ecosistema con
alto grado de desertificación en el Noreste de México

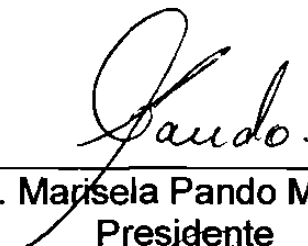
TESIS DE MAESTRÍA


que para obtener el grado de Maestría en Ciencias Forestales


PRESENTA:

Biol. David Castillo Quiroz

COMITÉ DE TESIS


Msc. Marisela Pando Moreno
Presidente


Dr. Enrique Jurado Ybarra
Secretario


Dr. Ricardo López Aguillón
Vocal


Dr. José A. Villarreal Quintanilla
Asesor Externo - UAAAN

Linares, N.L., México

Enero de 2000

RECONOCIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo y las facilidades para obtención de una Beca-crédito para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias en esta Facultad.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), por darme la oportunidad y las facilidades necesarias para realizar mis estudios de Postgrado.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la U.A.N.L., por recibirme y permitirme realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Un reconocimiento muy especial a la Ing. MSc. Marisela Pando Moreno, Directora de tesis de la presente investigación, en primer término por su amistad, paciencia y confianza depositada en mi persona, por la excelente dirección y conducción del presente estudio, además de sus constantes revisiones al escrito, sus valiosos comentarios y sugerencias para la conclusión de manera satisfactoria del presente documento.

Al Dr. Enrique Jurado Ybarra, coasesor de tesis, por su amistad y por formar parte de mi comité de tesis, por sus valiosos y acertados comentarios y sugerencias para el desarrollo correcto del presente estudio.

Al Dr. Ricardo López Aguillón, coasesor de tesis, por su amistad, por la revisión del escrito y sus atinados comentarios y sugerencias a la presente investigación.

Al Dr. José Angel Villarreal Quintanilla, profesor-investigador y destacado taxónomo del Herbario de la Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro, primeramente por su amistad y por haber accedido a ser mi examinador externo, por su valiosa ayuda en la identificación taxonómica de las semillas y del material botánico, lo cual fue de gran importancia para dar término a la presente investigación.

A la Ing. Ma. del Refugio Bravo Garza, responsable Técnico del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Forestales de la U.A.N.L. por su amistad y por su gran participación y auxilio en la fase de laboratorio, que fue una parte clave al inicio de la presente investigación.

A todos mis maestros de la Facultad de Ciencias Forestales por los valiosos conocimientos que me brindaron en el ámbito forestal para mi formación profesional y desarrollo personal, a todos ellos gracias.

Al personal administrativo y técnico de la Facultad por la oportunidad de compartir con ellos alrededor de dos años y medio en este centro educativo.

A todos mis compañeros y amigos de Posgrado con los cuales compartí momentos agradables y de presión, tanto en periodos de estudio, como eventos de esparcimiento. En forma especial a mis compañeros y amigos más cercanos Ing. Luis Mario Torres. Ing. Carlos A. Muñoz, Biol. Carlos Cavazos, Q.B.P. Aldo Tovar, Biol. Benjamín Villa, Ing. Alfonso Maldonado, Biol. Guillermo Romero, L.C.F. Daniel Nuñez e Ing. J. Manuel Baca.

Al Ing. Oscar Ramírez y a Sra. Paulina Bazaldúa por su participación en la encuadernación de la tesis.

Manifiesto que la presente investigación es original y fue desarrollada para obtener el grado de Maestro en Ciencias Forestales. Donde se utiliza información de otros autores dando los créditos correspondientes.


Biol. David Castillo Quiroz.

Enero de 2000.

ÍNDICE

| | Página |
|---|--------|
| RESUMEN..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| Objetivo general | 5 |
| Objetivo particulares | 5 |
| CAPÍTULO 1..... | 7 |
| EL PROCESO DE LA DESERTIFICACIÓN | 7 |
| CAPITULO 2..... | 14 |
| BANCO DE SEMILLAS | 14 |
| 2.1 Métodos para estimación del banco de semillas en el suelo. | 17 |
| 2.2 Métodos de separación de las semillas del suelo..... | 19 |
| CAPITULO 3..... | 24 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 24 |
| 3.1 Descripción del área de estudio..... | 24 |
| 3.2 Métodos de campo | 29 |
| 3.3 Sistema de muestreo | 30 |
| 3.4. Métodos de laboratorio..... | 32 |
| 3.5. Identificación de las semillas extraídas del suelo. | 36 |
| 3.6 Análisis estadístico | 37 |
| CAPITULO 4..... | 38 |
| RESULTADOS | 38 |
| 4.1 Diversidad florística. | 39 |
| 4.2 Densidad de semillas..... | 46 |
| CAPÍTULO 5..... | 53 |
| DISCUSIÓN..... | 53 |
| LITERATURA CITADA | 62 |

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS, FOTOS, GRÁFICAS Y ANEXOS

Página

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Procedimientos para la separación de las semillas..... | 23 |
| Cuadro 2. Diversidad florística del banco de semillas en las dos condiciones de suelo estudiadas..... | 41 |
| Cuadro 3. Formas de vida y longevidad de las especies encontradas en el banco de semillas en el área de estudio..... | 42 |
| Cuadro 4. Análisis estadístico de las dos condiciones de suelo estudiadas..... | 47 |
| Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio..... | 26 |
| Foto 1. Aspectos generales del área de estudio | 28 |
| Foto 2. Formas y tamaños de las semillas en el área de estudio..... | 38 |
| Gráfica 1. Abundancia logarítmica de las especies en el área con costra..... | 44 |
| Gráfica 2. Abundancia logarítmica de las especies en el área sin costra..... | 45 |
| Gráfica 3. Abundancia logarítmica de las especies en el área de referencia..... | 46 |
| Gráfica 4. Promedio de semillas para las dos condiciones de suelo en el área desertificada..... | 48 |
| Gráfica 5. Frecuencia relativa de las especies en el área con costra..... | 49 |
| Gráfica 6. Frecuencia relativa de las especies en el área sin costra..... | 50 |
| Anexo 1. Lista florística de especies dentro del área de estudio y área de referencia..... | 68 |
| Anexo 2. Abundancia relativa de las especies en la condición suelo con costra..... | 75 |

| | |
|---|-----------|
| Anexo 3. Abundancia relativa de las especies en la condición suelo sin costra. | 76 |
| Anexo 4. Abundancia relativa en el área de referencia..... | 77 |
| Anexo 5. Frecuencia relativa del banco de semillas en la condición suelo con costra..... | 79 |
| Anexo 6. Frecuencia relativa del banco de semillas en la condición suelo sin costra..... | 80 |

RESUMEN

Se estudió el banco de semillas en el suelo en un área del matorral espinoso tamaulipeco en el Noreste de México, con evidencias palpables de desertificación. Se comparó el número de especies de semillas y su densidad en dos condiciones de suelo; una con encostramiento y otra sin costra, en ambas condiciones con escasa cobertura vegetal.

Se utilizó un sistema de muestreo de parcelas pareadas, de 30 X 30 cm y 2.5 cm de profundidad. Para la extracción de las semillas del suelo se empleó la combinación de varios métodos de separación de las semillas del suelo: cribado en seco, imbibición en agua, dispersión química con hexametáfosfato de sodio, flotación con cloruro de calcio (densidad específica de 1.45), cribado en húmedo y separación manual en seco. La clasificación de las semillas por especie o morfoespecie se realizó bajo el estereoscopio. Para la estimación de la densidad de las semillas del suelo se utilizó el método de conteo directo.

Los datos se analizaron mediante la prueba del muestreo pareado por rangos de Wilcoxon. No se encontraron diferencias en densidad, entre las dos condiciones analizadas.

El banco de semillas en el área de estudio estuvo integrado por semillas pequeñas menores a 5 mm, con 17 especies, 5 exclusivamente para el área con costra y 4 para el área sin costra y 8 especies en común. Se encontraron 317 semillas/m² para el área con costra y 627 semillas/m² para el área sin costra.

Esta densidad se considera baja al compararla con la obtenida en un sitio cercano, sin evidencia de desertificación, en el que se detectaron 5 700 semillas/m² en 41 especies.

ABSTRACT

The seed bank of a highly desertified area of the tamaulipan thornscrub in Northeastern Mexico was studied. Density and floristic composition of the seed bank were analyzed and compared in two different soil conditions in the area: one with a hard crust and one without it.

Paired samples of 30 X 30 cm X 2.5 cm depth, were established in a 0.5 ha area.

Seeds were extracted by a combination of several techniques: dry sieving, imbibing, chemical dispersion of aggregates using sodium hexametaphosphate, flotation using calcium chloride for the water to reach a density of 1.45, wet sieving and manual separation of seeds.

Data were analyzed by the Wilcoxon ranked paired t test. No statistical differences in seed density were found between the two soil conditions.

The seed bank was mainly composed of seeds less than 5 mm long. From the 17 species identified, five were only found in soil with a hard crust, while 4 were found only in the soil without a crust. Eight species were found in both soil conditions.

The estimated average number of seeds per square meter was 317 for the soil with a hard crust and 627 seeds for the area without a crust. These seed densities were lower than that recorded for a nearby area where there is no evidence of desertification. In latter, 41 species were recorded and seed density was 5,700 seeds/m².

INTRODUCCIÓN

Al final del siglo XX, el deterioro de la biósfera causado por la especie humana amenaza la persistencia de la diversidad biológica y los procesos que mantienen la vida como la conocemos. Estos procesos de deterioro se sintetizan en (i) aquellos causados por contaminación (incluyendo cambio climático, agujero en la capa de ozono y la lluvia ácida), y (ii) aquellos causados por manejo inadecuado de recursos como cacería excesiva, deterioro del hábitat y pérdida y deterioro del suelo (Jurado *et al.* 1998).

La degradación de los ecosistemas terrestres (quizás la principal amenaza ambiental del paisaje del Noreste de México) se refleja en la pérdida y deterioro del suelo, y se debe principalmente a sobrepastoreo, remoción de cobertura vegetal y prácticas agrícolas inadecuadas (Pando *et al.* 1996).

Existe una gran cantidad de literatura enfocada a la descripción de los procesos de desertificación (Ballín, 1984; Anaya, 1990; Darnhofer, 1993; Maldonado y Pando, 1994; Pando *et al.*, 1996; Gutiérrez, 1997; Rubio y Bochet, 1998; Sharma, 1998). Sin embargo, son pocos los estudios relacionados con la rehabilitación de estas áreas. Generalmente, se piensa que la exclusión de un área degradada al paso del ganado o a cualquier

actividad, garantiza la recuperación de la vegetación y, a largo plazo, la recuperación de las condiciones del suelo. Sin embargo, para que dicha recuperación tenga lugar debe existir, en primer término, un banco de semillas en el suelo que permita la revegetación del área.

Es muy frecuente observar en áreas desertificadas, vastas superficies desprovistas de vegetación natural, pero las causas de esta ausencia de vegetación no son bien conocidas. No se sabe si existe regeneración natural, ni siquiera si existe un banco permanente de semillas en el suelo, y si existe, por qué las semillas no germinan, o cuáles son los factores que evitan la regeneración natural en esas áreas.

Los bancos de semillas han sido estudiados en diferentes ecosistemas y abarcando diversos aspectos. Las investigaciones más recientes, en esta línea, incluyen aspectos sobre el patrón espacial y dinámica del banco de semillas (Bigwood e Inouye, 1988; Kalisz, 1991); sobre la persistencia y coexistencia en el banco de semillas de las plantas anuales en el desierto (Pake y Veneable, 1996); sobre la distribución horizontal y vertical de las semillas (Guo y Goodall, 1998), y el artículo más reciente sobre la estructura del banco de semillas en el desierto (Guo *et al.*, 1999). A pesar de lo trascendentes que pueden ser los resultados de investigaciones de esta índole para definir un plan de manejo hacia la rehabilitación de áreas

degradadas, existen pocos estudios específicos e información disponible acerca de la evaluación de los bancos de semillas en el suelo en áreas desertificadas, así como sobre los factores adversos que evitan la regeneración natural en dichas áreas.

El estado de Nuevo León, en el Noreste de México, está clasificado como uno de los estados más afectados por la desertificación (Anaya,1990); en él se pueden observar extensas áreas con alto grado de desertificación. Tal es el caso del ejido "Loma Alta," en el municipio de Linares, N.L., donde se desarrolló la presente investigación. En esta área se pueden observar evidencias claras de una fuerte desertificación; ejemplo de ello son áreas sin vegetación o con escasa cobertura vegetal, baja diversidad de especies vegetales, altos grados de erosión hídrica, manifestos por la presencia de cárcavas y pedestales, así como la formación de una costra en la parte superficial del suelo, entre otros.

El fenómeno del encostramiento de los suelos ha sido motivo de investigaciones por muchos años, principalmente por sus efectos en la reducción de la producción de cultivos (Abu- Awwad,1996).

La presencia de la costra en los suelos reduce la infiltración, con lo que se incrementan los escurrimientos provocando la erosión del suelo,

afectando el establecimiento de la vegetación (Sale y Harrison,1964) y probablemente la formación de un banco de semillas.

En el área de estudio, es notoria la total ausencia de vegetación en la superficie con encostramiento, aún comparada con las áreas contiguas, que si bien muestran signos de una grave desertificación, no presentan encostramiento.

El banco de semillas frecuentemente juega un papel importante en la regeneración natural de la vegetación de un área, por lo que, antes de realizar cualquier plan de manejo para la restauración de un sitio, es recomendable realizar previamente un estudio del banco de semillas.

Por tal motivo, es de interés medular realizar estudios tendientes a evaluar el banco de semillas en áreas desertificadas, ya que el banco de semillas es un amortiguador de una población, preserva la representación de las especies vegetales de una comunidad dada (Kalisz,1991) y juega un papel importante en la ecología y evolución, conectando el pasado, presente y futuro de la población vegetal y la estructura y dinámica de la comunidad (Thompson & Grime,1979; Leck *et al.*,1989; Guo *et al.*,1999). La evaluación del banco de semillas en el suelo contribuye a sentar las bases para proponer alternativas exitosas de manejo para la recuperación del potencial

productivo de estas áreas.

Considerando lo anterior, la presente investigación se orientó hacia la evaluación del germoplasma en un área desertificada que presenta dos condiciones diferentes: zonas con encostramiento y zonas sin encostramiento.

La hipótesis de trabajo que se propone es que el banco de germoplasma en las zonas con encostramiento es más pobre, tanto en número de especies como en abundancia de semillas, que en las áreas sin encostramiento.

En función de esta hipótesis, se establecieron los siguientes objetivos.

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la disponibilidad del banco de germoplasma en el suelo, en un ecosistema con alto grado de desertificación.

OBJETIVO PARTICULARES

- Cuantificar las semillas del suelo, separándolas por especies.

- Comparar el banco de semillas para las dos condiciones de suelo presentes en el área: con encostramiento y sin encostramiento.

- Identificar las semillas encontradas en el suelo, a nivel de especie.

CAPÍTULO 1

EL PROCESO DE LA DESERTIFICACIÓN

El proceso de la desertificación ha tomado en la actualidad gran interés, tanto a nivel nacional como internacional, debido a los grandes daños que ha provocando a los diferentes tipos de ecosistemas. La desertificación se refiere a la degradación de los suelos en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas resultado de las variaciones climáticas y las actividades humanas (Darnhofer, 1993; Rubio y Bochet, 1998). Sin embargo, diversos autores mencionan que este proceso de degradación no es exclusivo de las zonas áridas y semiáridas sino que se puede observar en cualquier tipo de ecosistemas (Ballín, 1984; Maldonado y Pando, 1994).

La desertificación afecta a la sexta parte de la población mundial, al 70 % de todas las zonas áridas, equivalente a 3600 millones de ha y a la cuarta parte de la superficie total de tierras del mundo. Los efectos más visibles de la desertificación, además de la pobreza generalizada, es la degradación de 3300 millones de ha de pastizales, que constituyen el 73 % de la superficie total de estas tierras y tienen limitada capacidad de sustento; la pérdida de fertilidad de los suelos y la degradación de su estructura en cerca del 47 % de las tierras secas, que constituyen tierras de cultivo de temporal; y la degradación del 30 % de las tierras de cultivo bajo riego en

tierras secas (ONU,1993). Por otro lado, la desertificación está destruyendo la capacidad de producción de alimentos en más de 100 países afectando a cientos de millones de personas en todo el mundo (Darnhofer,1993).

En la definición propuesta en la Convención de las Naciones Unidas sobre Desertificación, la desertificación está considerada como el resultado de una serie de procesos naturales y antropogénicos, que trae como consecuencia una acelerada degradación ambiental o la pérdida de la productividad económica o biológica de la tierra (Rubio y Bochet, 1998).

La desertificación se debe a la conjunción de fenómenos naturales y a actividades humanas que degradan el suelo a través del mal manejo de los factores básicos de los sistemas, incluyendo suelo, agua y vegetación (Sharma,1998).

Este fenómeno es comúnmente el resultado de las interacciones de sequías repetidas con prácticas inadecuadas en el uso del suelo, lo cual se presenta más frecuentemente a lo largo de los límites de los desiertos (zonas semiáridas y subhúmedas) y es donde el proceso de desertificación causa el máximo daño (Roldán y Trueba, 1978). Sin embargo, la desertificación no es exclusivamente la conversión de un ecosistema en un desierto, sino en un ecosistema menos productivo (Gutiérrez, 1997; Pando

et al., 1996) en donde el potencial biótico se ve reducido.

Roldán y Trueba (1978) señalaron que en el caso de México la desertificación es de grandes proporciones afectando entre 100,000 a 200,000 ha por año, asimismo mencionan que existe un 26 % de la superficie del país que presenta erosión avanzada y un 15 % de la superficie totalmente erosionada.

De la superficie total del país, más de la mitad está ubicada dentro de la categoría árida y semiárida y, de ésta, se estima que cerca del 80 % está degradada en diferentes niveles, registrando desde daños ligeros hasta muy severos (Ballín, 1984).

Maldonado (1989) alude que en ese año la desertificación en México afectó aproximadamente 225,000 ha, debido a la fragmentación de las comunidades vegetales, la práctica de la agricultura inadecuadamente planeada y el sobrepastoreo. Por otra parte, Anaya (1990) y CONAZA (1994) señalan que existen varios procesos inducidos por el ser humano que coadyuvan a la desertificación en México, como 1) deforestación de la vegetación leñosa; 2) sobrepastoreo en áreas dedicadas a la producción animal; 3) ensalitramiento y anegamiento en zonas bajo riego; 4) erosión y disminución de la productividad en las zonas de temporal; 5) avance y

crecimiento de dunas de arena; 6) decreciente calidad y disponibilidad de aguas subterráneas; 7) contaminación por petróleo, insecticidas y fertilizantes.

En 1991, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) cita cifras de 370,000 ha que son deforestadas anualmente en México, debido a los desmontes en más del 80 % de los casos.

El estado de Nuevo León ha sufrido un severo impacto sobre la vegetación natural. Se han registrado desmontes del orden de 157,857 ha durante el período de 1981-1986, con fines agrícolas y ganaderos; esto es, un promedio de 72.5 ha por día (Maldonado y Pando,1994); sin embargo esta cifra se incrementa día a día (Ortiz y Estrada,1990). Aunado a los desmontes, se han siniestrado extensas superficies debido a los incendios forestales, quedando los suelos expuestos a la erosión del viento y de las precipitaciones.

El estado de Nuevo León está entre los estados más afectados por la velocidad de pérdida de suelo por erosión eólica, ya que presenta el mayor porcentaje en cuanto a la superficie afectada severamente (81.7 %), de igual forma con altos porcentajes de superficie con riesgo de erosión, con 41.9 % de erosión severa y 58.1 % de erosión muy severa, así mismo también está

entre las entidades con un mayor avance de erosión hídrica afectando en forma severa la región sur del estado (Ortiz y Estrada, 1990).

El municipio de Linares, N.L. se caracteriza por un fuerte impacto sobre la vegetación, donde se puede mencionar a los desmontes para la apertura de nuevas áreas dedicadas a la agricultura como sorgo, maíz, y algunos cítricos, el establecimiento de pastizales para engorda de ganado bovino, así como grandes áreas dedicadas a la ganadería de tipo extensivo (principalmente ganado caprino) y la sobreutilización de plantas útiles. Siendo las superficies ocupadas por los matorrales, las áreas que han sido impactadas de manera más severa por el cambio en el uso del suelo en el período comprendido de 1973 - 1994 (Correa, 1996), ocasionando daños irreversibles al matorral (Foroughbakhch y Peñaloza, 1988).

Los desmontes para el cultivo carecen de planeación, además de la falta de agua necesaria para el riego, por lo tanto la agricultura en estas áreas es poco rentable provocando el abandono de las tierras, exponiendo esas áreas a la pérdida de suelo por erosión (Gutiérrez, 1997).

Todas las acciones y cambios en el uso del suelo anteriormente mencionados han provocado grandes cambios en los ecosistemas al paso de los años dentro del municipio de Linares, N.L. Treviño *et al.* (1997)

mencionan que existe una tendencia ascendente en cuanto a la destrucción de la vegetación; los autores estimaron una tasa anual de remoción de la vegetación entre un 0.94 % y un 1.06 % de la superficie total del municipio, para el período comprendido entre 1973 a 1994, la cual supera la tasa anual de deforestación estimada por la FAO, en la evaluación de los recursos forestales del mundo, que es de un 0.71 % anual.

Dentro del municipio de Linares, N.L., se observan áreas con diferentes niveles de desertificación. Gutiérrez (1997) menciona, en un estudio realizado para el municipio, que el grado de desertificación para la mayoría de los sitios muestreados (60 %) resultó ser moderado, e incipiente para el 39.5 % de los sitios; solo un mínimo de las parcelas muestreadas presentó un grado de desertificación extrema.

Específicamente para el Ejido "Loma Alta", ubicado en el municipio de Linares, N.L., área de estudio en la presente investigación, se pueden observar evidencias palpables de una fuerte desertificación, como áreas desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, disminución de la diversidad de especies vegetales, presencia de cárcavas y de pedestales, y encostramiento en la parte superficial del suelo.

Hernández (1997) realizó una zonificación de la superficie total del

ejido "Loma Alta" en base a los diferentes niveles de degradación, en donde reportó para el área de estudio porcentajes superiores al 90 % de degradación.

CAPITULO 2

BANCO DE SEMILLAS

La existencia e importancia del banco de semillas en el suelo han sido reconocidas desde el tiempo de Darwin en 1859. Sin embargo, el banco de semillas ha recibido estudios intensivos sólomente dentro de las dos últimas décadas (Bigwood e Inouye,1988; y Simpson *et al.*,1989).

El término banco de semillas ha sido ampliamente adoptado en años recientes y se ha definido como las reservas de semillas viables presentes en el suelo y sobre la superficie (Roberts,1981), así como la colección de semillas viables y latentes en una área definida de suelo (Bigwood e Inouye,1988). En general, el banco de semillas se refiere a todas las semillas viables presentes sobre o en el suelo (Simpson, *et al*,1989). De manera más simple, como las semillas vivas en el suelo (Bullock, 1996).

Según Baker (1989) el banco de semillas es un conjunto de semillas no germinadas, potencialmente capaces de reemplazar plantas adultas que pueden ser anuales o perennes.

El banco de semillas es ecológica y evolutivamente importante en la dinámica de la población vegetal, puede amortiguar una población de la

extinción y preservar la representación de las especies de plantas en la comunidad (Kalisz, 1991) y, en la mayoría de las comunidades, representa un enorme capital del potencial regenerativo (Henderson *et al.*, 1988).

El banco de semillas es un importante factor en la regeneración de las comunidades y ecosistemas en disturbio, aunque no todas las especies de una sucesión residan en el banco de semillas (Pickett y McDonnell, 1989). El banco de semillas juega un papel crucial en la recuperación de un área en disturbio, además es importante en el manejo y la restauración de la vegetación (Thompson, 1992). Por lo que el conocimiento del número y tipos de semillas normalmente presentes en la superficie del suelo, bajo un determinado tipo de vegetación, son de importancia en la predicción del porcentaje y la dirección de la regeneración posterior al disturbio (Barbour y Lange, 1966).

La composición del banco de semillas puede ser utilizada para predecir el total de la vegetación post-disturbio. Un examen de la composición del banco de semillas puede predecir la composición inicial de la vegetación actual, particularmente en los sitios donde ha habido una remoción de la vegetación. Los datos del banco de semillas pueden producir información sobre tres características de la nueva vegetación: (1) su composición de especies, (2) la abundancia relativa de las especies y (3) la

distribución potencial de cada especie (Welling *et al.*, 1988).

Meissner y Facelli (1999) mencionan que un análisis del banco de semillas puede proporcionar una mejor representación de la biodiversidad de un sistema que el crecimiento anual de una comunidad vegetal.

El banco de semillas es un elemento importante en los ecosistemas desérticos, donde las plantas anuales constituyen una gran parte de la flora y sus semillas pueden permanecer viables en el suelo por muchos años (Kemp, 1989; Rundel y Gibson, 1996; Guo *et al.*, 1998), y puede jugar un papel crítico en la dinámica de la comunidad (Meissner y Facelli, 1999).

Los bancos de semillas han sido estudiados en muy diversos ecosistemas: en comunidades árticas y alpinas (McGraw y Vavrek, 1989); bosques de coníferas (Archibold, 1989), bosque tropical deciduo (Pickett y McDonnell, 1989), en desiertos (Kemp, 1989; Guo y Goodall, 1998; Guo *et al.*, 1999), pastizales (Rice, 1989), y chaparrales (Parker y Kelly, 1989).

El banco de semillas puede ser transitorio, donde las semillas germinan dentro de un año de la dispersión inicial, o persistente, donde las semillas quedan en el suelo más de un año (Simpson *et al.*, 1989).

Puesto que el número de semillas viables en y sobre el suelo está en función del total de semillas (viables o no), para efectos de la presente investigación, el término “banco de semillas” se refiere a las semillas contenidas en y sobre el suelo, sin considerar la viabilidad de las mismas.

2.1 Métodos para estimación del banco de semillas en el suelo.

En términos generales, una vez que se han colectado las muestras de suelo, existen dos métodos para la determinación de la densidad del banco de semillas en el suelo: el conteo directo de las semillas y la emergencia de las plántulas (Roberts,1981; Simpson *et al.*,1989 y ref. incl.; Thompson, 1992).

El método más ampliamente usado es el de separación de las semillas (Traba *et al.*,1998) basado en el conteo directo de las semillas en una muestra de suelo, seguido de la extracción por flotación o lavado, filtrado y otros métodos físicos de separación (Roberts,1981; Simpson *et al.*,1989; y Groos, 1990). Este método, el cual determina el número total de las semillas en el suelo, es extremadamente laborioso y consume demasiado tiempo (Brown, 1992; Traba *et al.*,1998).

Un segundo método es el de germinación o la emergencia de plántulas, en donde las muestras de suelo son colocadas en invernadero y mantenidas bajo condiciones óptimas para la germinación de las semillas viables, este método proporciona una estimación de las semillas germinables en el suelo (Simpson *et al.*, 1989).

El uso de uno u otro método está en función del estudio por realizar. Tanto uno como otro tienen sus ventajas y desventajas. Por ejemplo Traba *et al.* (1998) mencionan que el conteo directo puede ser ineficiente en estudios a gran escala, particularmente si las semillas son pequeñas, numerosas y de una amplia variedad de especies. Si bien el método determina el número total de semillas en el suelo, no se obtiene información en relación a las semillas viables en el mismo (Simpson *et al.*, 1989).

En cambio, en el método de germinación se requiere gran espacio para el invernadero, además con este método se corre el riesgo de subestimar el número de semillas debido a que muchas de ellas presentan latencia. Esto último es común en semillas de zonas áridas en donde solamente una parte de la población de las semillas germina bajo condiciones óptimas para la germinación (Guo *et al.*, 1998), pero este método es considerado ideal para estudios a gran escala (Simpson *et al.*, 1989; Traba *et al.*, 1998 y ref. incl.). A pesar de las limitaciones, este último método

es utilizado para estudios a nivel de comunidad, especialmente donde el potencial del número de especies es alto, debido a que el conteo directo es extremadamente tedioso y también se requiere probar la viabilidad de las semillas. Meissner y Facelli (1999) mencionan que el método de extracción, o conteo directo como lo citan otros autores, es una técnica que implica un trabajo intensivo pero es un método más exacto para estudios de población, el cual estima el total de la densidad de las semillas, germinables y latentes.

Una combinación de las dos técnicas provee una estimación más precisa del tamaño del banco de semillas que cualquier técnica sola (Simpson *et al.*, 1989, y ref. incl.).

2.2 Métodos de separación de las semillas del suelo.

Los métodos para separar las semillas de las partículas del suelo y de la materia orgánica están basados en las diferencias en el tamaño y de densidad (Roberts, 1981). A continuación se describen las técnicas más comúnmente utilizadas. En el Cuadro 1 se presenta un resumen de estas técnicas.

1.- Cribado. En primer término se lava el suelo. La muestra es pasada por una serie de mallas o cribas de diferentes calibres, iniciando con la de mayor tamaño, acorde al tamaño de las semillas (Bullock, 1996). Las muestras de suelo son colocadas en una malla de tamaño adecuado, reduciendo el volumen del suelo hasta que las semillas puedan ser removidas.

2.- Flotación. En este método, las muestras de suelo son sumergidas en agua, y se agitan manualmente, posteriormente se separan las semillas del material mineral y los componentes orgánicos, la separación puede hacerse manualmente o con la ayuda de tamices o cribas.

En suelos con un alto contenido de arcillas suele ser necesario aplicar dispersantes químicos, para separar o dispersar los agregados del suelo ya que muchos suelos contienen agregados que no son fácilmente dispersados con agua sola (Goodall *et al.*, 1972).

Los suelos comúnmente contienen materia orgánica y con frecuencia contienen óxidos de fierro y cubiertas de carbonato que obligan a que las partículas permanezcan unidas. Los dispersantes químicos son usados para remover esas cubiertas. Los dispersantes químicos han sido utilizados en análisis de suelos para determinar el tamaño de las partículas, entre los más

comunes se pueden mencionar el Hexametafosfato de sodio (HMP), Hidróxido de sodio (NaOH) y Carbonato de sodio (Na_2CO_3). De los anteriores el más utilizado es el Hexametafosfato de sodio (Gee y Bauder, 1986). Existen detergentes comerciales que contienen cantidades de Hexametafosfato de sodio y otros fosfatos solubles, pero estos productos, regularmente, no especifican la cantidad exacta del ingrediente. Al respecto, López y López (1985) citan la utilización de un detergente comercial denominado Calgón® a razón de 50 g en litro de agua. Además de los dispersantes químicos se pueden utilizar tratamientos físicos como separación por medios mecánicos y ultrasonido (Gee y Bauder, 1986).

Debido al tamaño y peso de las semillas en el suelo es importante aumentar la densidad del agua para favorecer la flotación de las semillas. Con respecto a los medios de flotación Barbour y Lange (1966), en un estudio sobre las poblaciones de semillas en suelos superficiales en Australia, utilizaron una solución de Cloruro de calcio (CaCl_2) con una gravedad específica de 1.4 (135 g/100 ml). Goodall *et al.* (1972) utilizaron una solución de Hexametafosfato de sodio al 1% y una solución concentrada de Carbonato de potasio (K_2CO_3) como medio de flotación a una densidad específica de 1.56. Por otro lado, también se han utilizado líquidos orgánicos con la densidad apropiada como Tetraclorometano o Percloroetileno (Roberts, 1981 y ref. incl.).

3.- Separación con flujo de aire. Este método ha sido utilizado como complemento de la flotación con líquido.

Algunos investigadores han realizado pruebas al respecto utilizando la combinación de los tres métodos en la separación de las semillas del suelo (Roberts, 1981 y ref. incl.). Ver Cuadro 1. y otros como Barbour y Lange (1966); y Goodall *et al.* (1972).

En trabajos más recientes, por ejemplo el realizado por Pake y Venable (1996), en un estudio sobre un banco de semillas de plantas anuales del Desierto Sonorense, emplearon la combinación del método de agitado, flotación y filtrado para separar las semillas y materia orgánica de suelo.

Meissner y Facelli (1999) utilizaron la combinación de las mismas técnicas que los autores anteriores, agitado, flotación y cribado, para estudiar el efecto de la exclusión de ovejas sobre el banco de semillas y la vegetación anual en el sur de Australia.

Cuadro 1. Algunos procedimientos para la separación de las semillas del suelo. Tomado de Seed Banks in Soil (Roberts,1981).

| Autor (s) | <i>Fases Sucesivas</i> | | | | |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Hyde y Suckling (1953) | Cribado (Húmedo) | Flotación Orgánica | Separación Flujo de aire | Separación- Manual (Seco) | Determinación de la Viabilidad (Germinación) |
| Malone (1967) | Dispersión/ Flotación (Solución) | Cribado (Húmedo | Separación- Manual (Seco) | Determinación de la Viabilidad (Tetrazolium) | |
| Jones y Bunch (1977) | Cribado (Húmedo) | Separación Flujo de aire | Flotación (Orgánica) | Separación- Manual (Seco) | Determinación de la Viabilidad (Germinación) |
| Roberts y Ricketts (1979) | Cribado (Húmedo) | Flotación (Agua) | Flotación (Solución) | Separación- Manual (Húmedo) | Determinación de la Viabilidad Aparente (Presión) |
| Standifer (1980) | Imbibición | Cribado (Húmedo- Seco) | Separación Flujo de aire (3 etapas) | Separación- Manual (Seco) | Determinación de la Viabilidad (Germinación). |

CAPITULO 3

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio.

3.1.1. Localización del área.

La presente investigación se desarrolló en un área con evidencias claras de desertificación, localizada en el Ejido "Loma Alta", en el municipio de Linares, N.L., ubicada dentro de las siguientes coordenadas geográficas: 24° 50' y 24° 55' norte y 99° 50' y 99° 55' oeste. La vía de acceso al área de estudio es por la carretera Monterrey - Cd. Victoria a la altura del kilómetro 155 y aproximadamente 20 km al oeste de este punto tomando camino de terracería (Figura 1).

3.1.2. Clima

El tipo de clima en el área bajo estudio corresponde a un clima semicálido subhúmedo extremoso, con lluvias todo el año, cuya fórmula climática se describe como: (A) C (x') (W''_o)(a) (e') según la clasificación de Köppen, modificado por García (1981). La precipitación promedio anual según la estación más cercana al área de estudio (estación "Cabezones" Montemorelos, N.L.) es de 921 mm. Los meses más secos son febrero con 22 mm y diciembre con 19.2 mm, los meses con mayor precipitación media mensual son junio con 115.3 mm y septiembre con 205.9 mm. La temperatura media máxima extrema mensual es de 40.2°C, los meses más

cálidos se presentan de abril hasta agosto, con temperaturas máximas de 44°C en estos meses Cavazos y Molina, 1992).

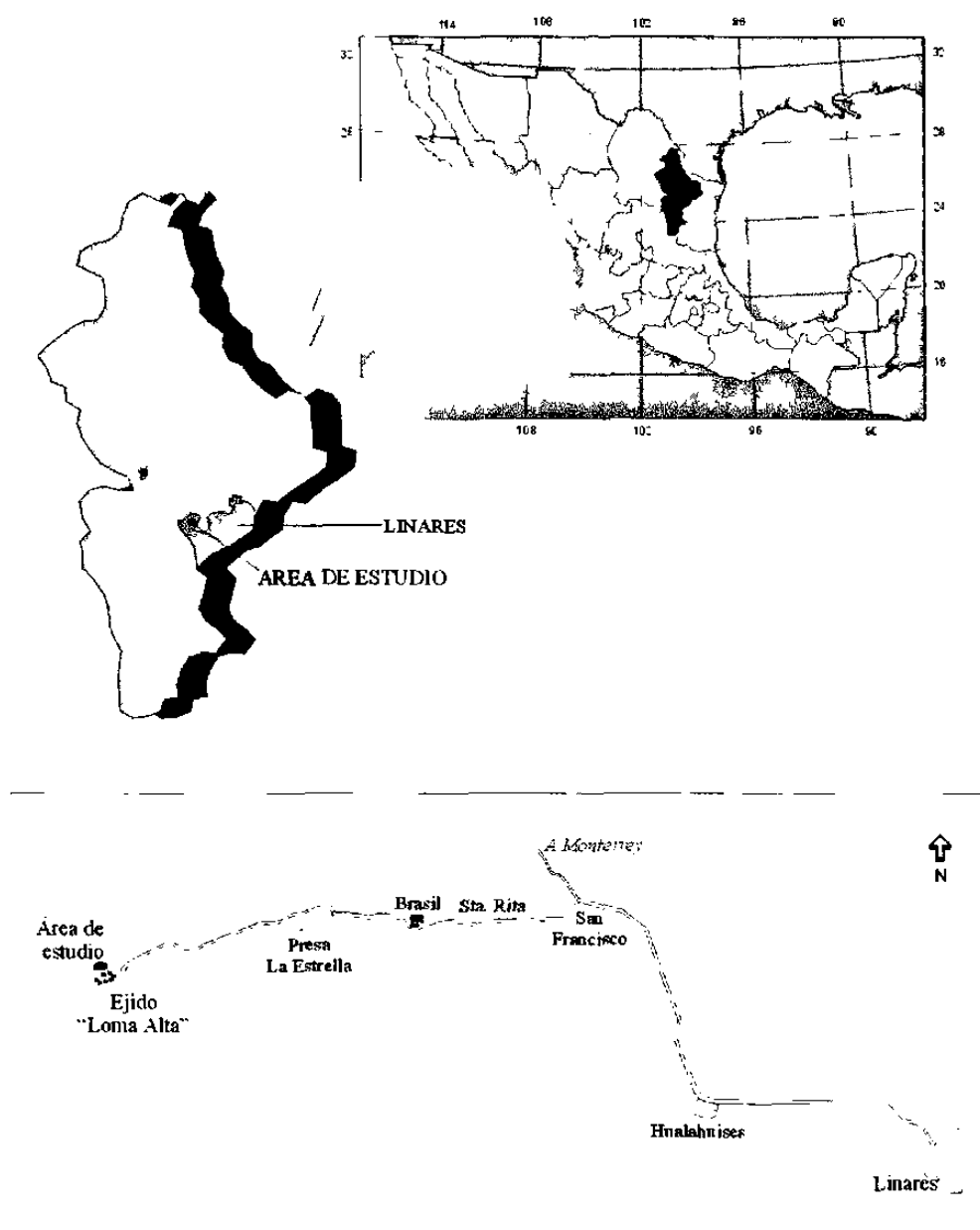


Fig. 1 Ubicación geográfica del área de estudio.

3.1.3. Edafología

Hernández (1997) describe los suelos del área como altamente perturbados por procesos erosivos. En esta área se pudo observar evidencias claras de una fuerte desertificación, altos índices de degradación del suelo, como erosión hídrica fuerte, formación de pedestales, suelos fuertemente compactados y la formación de una costra en la parte superficial del suelo. Esta costra característica de estas áreas, no se distribuye uniformemente en toda el área bajo estudio sino que se presenta en forma de pequeños lunares, por lo que existen dentro del área de estudio, dos condiciones de suelo evidentes, suelos con encostramiento y suelos sin encostramiento (Foto 1). La textura corresponde a franco arcilloso y arcilloso en el subsuelo, muy impermeable al agua, con pH de 5.8 a 6.7, con alto contenido de calcio y magnesio, con deficiencias de elementos menores y con baja salinidad (Hernández, 1997).



Foto 1. Aspectos generales del área de estudio. Nótese los daños evidentes al ecosistema del matorral, fuerte erosión, formación de pedestales, suelos con encostramiento, áreas sin de vegetación, baja diversidad florística y cobertura vegetal.

3.1.4 Vegetación

El área de estudio queda ubicada dentro del matorral espinoso tamaulipeco, pero debido a los altos índices de desertificación, se observan grandes superficies sin vegetación y una marcada reducción de la diversidad florística del matorral. Hernández (1997) menciona que el área de estudio está prácticamente desnuda en donde se observa entre un 3 a un 8 % de cobertura vegetal (Foto 1), debido posiblemente al cambio de uso del suelo, al sobrepastoreo y a la obtención de leña por parte de los pobladores. Es característico observar en esta área la dominancia de especies de

vegetación secundaria, como *Karwinskia humboldtiana* (R.&S.) Zucc, *Croton ciliatoglandulifer* Ort., *Croton incanus* H.B.K. y otras especies como *Acacia farnesiana* (L.) Willd., *Acacia rigidula* Benth., y elementos representativos de la familia Asteraceae, como *Thymophylla pentachaeta* (DC.) Small. var. *pentachaeta*, *Calyptocarpus vialis* Less., así como *Tragia ramosa* Torr., *Euphorbia prostrata* Ait., *Phyla incisa* Small., *Malvastrum coromandelianum* (L.) Gke., *Bouteloua repens* (Kunth) Scribn. y Merr. y *Aristida purpurea* Nutt.

3.2 Métodos de campo

Como punto inicial se seleccionó un área con una superficie de 0.5 ha, con evidencias claras de un alto grado de desertificación. Los principales indicadores tomados en cuenta para la selección del área de estudio fueron en base a Kumar (1992): altos grados de erosión hídrica manifestados por la presencia de cárcavas, pedestales, encostramiento de la parte superficial del suelo; a nivel planta: el bajo vigor, y a nivel comunidad, composición botánica, densidad de la planta, y cobertura.

La selección de los sitios, para la toma muestras de suelo, se realizó en relación a las dos condiciones que se presentaron en el área de estudio; la primera condición, suelos con un encostramiento de la superficie y la otra en donde el suelo no presenta costra superficial.

Las muestras de suelo para el presente estudio fueron tomadas en febrero de 1999. Meses previos al muestreo de suelo, se realizaron observaciones sobre la fenología de las plantas hasta la maduración de las semillas; seleccionando esa fecha debido a que se podrían encontrar más semillas en el suelo y antes de cualquier evento de lluvia y por ende ningún evento de germinación.

3.3 Sistema de muestreo

Para la toma de las muestras de suelo se utilizó un sistema de muestreo de parcelas pareadas, en donde se compararon las dos condiciones del suelo. Este tipo de muestreo se utiliza cuando las muestras son obtenidas de dos poblaciones diferentes, para este caso en particular se hizo la comparación del banco de semillas en dos condiciones de suelo, áreas con encostramiento y áreas sin costra. Se seleccionó este método de muestreo porque era poco probable poder establecer un número suficiente de parcelas que presentaran características homogéneas en cuanto a topografía, humedad, escurrimientos, etc., pero si sería posible, encontrar pares de parcelas con condiciones similares, difiriendo, tan sólo, en la presencia o ausencia de la costra superficial.

Los puntos de muestreo fueron ubicados arbitrariamente en el terreno; eligiendo aquellas áreas donde fuera posible ubicar las parcelas pareadas

manteniendo una distancia de 2 m del borde o límite entre las dos condiciones de suelo: con encostramiento y suelos sin costra. Además, se seleccionó un área de referencia, con el propósito de estimar si el método de extracción de semillas era el adecuado. Para la selección del área de referencia, se eligió un área contigua al área desertificada de 0.5 ha, donde no se presentan problemas evidentes de desertificación, procurando que las características topográficas y tipo de suelo fueron lo más semejantes posible al área desertificada.

Se colectaron 15 muestras de suelo para cada condición: con costra y sin costra. El orden en que se fueron analizando las muestras se determinó aleatoriamente y el número de las muestras a analizar estaría determinado por la curva de frecuencias acumulativas de especies de semillas. Sin embargo, al llegar a la última de las muestras colectadas, el número de especies de semillas se incrementó y la curva no se estabilizó. Ya que la colecta de más muestras no se realizaría en el mismo período, y por lo tanto no será equiparable a las anteriores, se tomó la determinación de analizar únicamente las muestras inicialmente colectadas.

Las muestras de suelo se tomaron en base a una parcela de 30 X 30 cm, a una profundidad 2.5 cm de profundidad, para lo cual se utilizó un piolet y una pequeña pala de 30 cm de ancho, colocando la muestra de suelo en

una bolsa de plástico etiquetada.

El criterio tomado en cuenta para determinar la profundidad en la toma de muestras de suelo fue en base a la revisión de investigaciones realizadas sobre estudios de bancos de semillas en ecosistemas desérticos. Por ejemplo Childs y Goodall (1973) mencionan que en relación al banco de semillas en suelos desérticos, las tres cuartas partes de la población total de las semillas se encuentran dentro de 1 cm de la superficie del suelo y solamente el 3% se encuentran a más de 5 cm de profundidad. En otros trabajos como los realizados por Thompson y Grime (1979); Henderson *et al.* (1988); Pake y Venable (1996); Bigwood e Inouye (1998); y Meisser y Facelli (1999) la toma de muestras de suelo para estudios del banco de semillas la realizaron en profundidades que van entre 2.0 a 3.0 cm. Por otro lado, Bullock (1998) cita que las semillas viables son fuertemente concentradas arriba de los 2 a 3 cm de suelo y son las semillas más probablemente reclutadas naturalmente dentro de la comunidad.

3.4. Métodos de laboratorio.

Para la separación de las semillas de la materia orgánica y de las partículas de suelo se utilizó la combinación de varios métodos de separación; éstos consistieron en cribado en seco, imbibición en agua, dispersión química con Hexametáfosfato de sodio, flotación en una solución

de cloruro de calcio anhidro (CaCl_2), cribado en húmedo, separación manual en seco y clasificación de las semillas por especie o morfoespecie, con la ayuda del estereoscopio.

3.4.1 Cribado en seco

Obtenidas las muestras de suelo en campo, se trasladaron al laboratorio en donde se tomó una submuestra del 30 % del peso total de la muestra. Posteriormente el suelo se pasó por un tamiz metálico de 6 mm con la finalidad de eliminar hojarasca (hojas, pequeños trozos de ramas, raíces, y restos de insectos y otras estructuras orgánicas) y piedras de tamaño superior a la criba de 6 mm. Para el caso de las muestras del área desertificada con costra no se eliminó esa capa endurecida ni terrones, debido a que en esas estructuras podría existir alguna semilla.

3.4.2 Imbibición

Una vez limpia de las impurezas de mayor dimensión, la submuestra de suelo se colocó en un recipiente de plástico con una capacidad de 4 litros al cual se le agregó agua purificada y se imbibió durante 24 h con la finalidad de remover y deshacer la capa endurecida o encostramiento del suelo.

3.4.3 Dispersión química

Dado que los suelos en el área de estudio presentaron un alto

contenido de arcillas, fue necesario aplicar un dispersante para separar los agregados del suelo. Para este caso se decidió utilizar un dispersante químico. Se agregó una solución de Hexametáfosfato de sodio al 1% por 24 h. Terminado este período, se lavó el suelo para eliminar la solución de Hexametáfosfato de sodio, para lo cual se le colocó al recipiente una tela de organza, sujeta a la boca del frasco, y se le agregó agua agitando vigorosamente el frasco para poder eliminar el dispersante, desechando el agua del recipiente. La tela de organza evitó la salida o la pérdida de las semillas; esta operación se repitió dos veces.

3.4.4 Flotación

Eliminado el dispersante, se agregó una solución de Cloruro de calcio (CaCl_2) anhidro calidad comercial, hasta obtener una gravedad específica de 1.45 en el agua (en una proporción de 90 mg/100 ml, utilizando agua purificada) como medio de flotación de las semillas. Cabe hacer la aclaración que no se utilizó CaCl_2 calidad reactivo analítico debido al precio elevado del reactivo y a la gran cantidad de soluto utilizado. Al inicio de este trabajo, se realizaron pruebas preliminares donde se probaron la eficiencia de uno y otro reactivo (calidad comercial y reactivo analítico) en donde no se observaron diferencias aparentes entre el uso de los dos productos.

El recipiente con la muestra de suelo y la solución como medio de

flotación fue colocado en un agitador eléctrico, agitando la muestra por un período de 15 minutos con la finalidad de separar los agregados del suelo y separar las semillas.

3.4.5 Cribado en húmedo

Al finalizar este período, la materia orgánica flotó por diferencia de densidad del agua; toda la materia orgánica, incluidas las semillas, se removi6 del liquido de flotación con una cuchara de plástico y se colocó sobre una serie de tres tamices metálicos de 3 dimensiones (2 mm, 0.6 mm y 0.044 mm), los cuales se colocaron en forma vertical de mayor a menor dimensión, teniendo la precaución de que la criba más pequeña fuese lo suficientemente fina para descartar la pérdida de las semillas. Una vez en los tamices, la muestra fue lavada directamente con agua de la llave, en donde se eliminaron los restos de las partículas de suelo. Cada uno de los tamices fueron separados y secados en una estufa durante 24 h.

3.4.6 Separación de las semillas

Una vez seca la muestra de cada tamiz, se colocó en recipientes de plástico; posteriormente, las muestras se examinaron bajo un microscopio estereoscopio, separando las semillas de la materia orgánica y de las pequeñas partículas de suelo con la ayuda de una aguja de disección. La separación de las semillas fue en base a la morfología de las diferentes

especies encontradas en el suelo, además de registrar el número de semillas por morfoespecie. Finalmente, fueron colocadas en frascos de plástico etiquetados para su posterior identificación taxonómica.

3.5. Identificación de las semillas extraídas del suelo.

Al inicio del presente estudio fue de gran importancia familiarizarse con las diferentes formas y tamaños de las semillas (bajo el estereoscopio). Para lograr este objetivo, se realizaron recorridos de campo por el área de estudio y áreas adyacentes con la finalidad de coleccionar especímenes botánicos, los cuales se herborizaron e identificaron taxonómicamente. El material herborizado está depositado en el Herbario de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Con las colectas se elaboró un listado de especies y, con la lista de especies (Anexo 1), se procedió a revisar colecciones de semillas de herbario. Se inició con la revisión de la colección de semillas del Laboratorio de Ecología y el Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la U.A.N.L., y posteriormente el Herbario de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Paralelamente a la colecta de especímenes, se colectaron semillas directamente de las plantas en el área de estudio para utilizarse como especies de referencia en la identificación de las semillas extraídas del suelo. La colecta de las semillas de las plantas se realizó de junio de 1998 a octubre de 1999 y ésta quedó sujeta a la disponibilidad de semillas en los recorridos de colecta. Las

semillas que no pudieron ser identificadas a nivel de especie, se identificaron sólo como morfoespecie, y se les asignó una clave.

3.6 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó la prueba del muestreo pareado por rangos de Wilcoxon, la cual es una prueba de procedimiento no paramétrico análoga a la prueba de t para dos muestras pareadas. La prueba de Wilcoxon se utiliza cuando las diferencias entre las parcelas pares no tienen una distribución normal y toma en consideración el signo y la magnitud del rango de las mediciones entre los pares de las mediciones (Zar, 1984).

CAPITULO 4

RESULTADOS

El banco de germoplasma en el suelo del área de estudio, bajo las dos condiciones examinadas: con costra y sin costra, estuvo representado por semillas pequeñas, de dimensiones menores a 5 mm . Las semillas más grandes encontradas en el suelo fueron de *Acacia rigidula* con valores de 7mm y las de menor tamaño de *Euphorbia prostrata* con 0.9 mm (Foto 2).

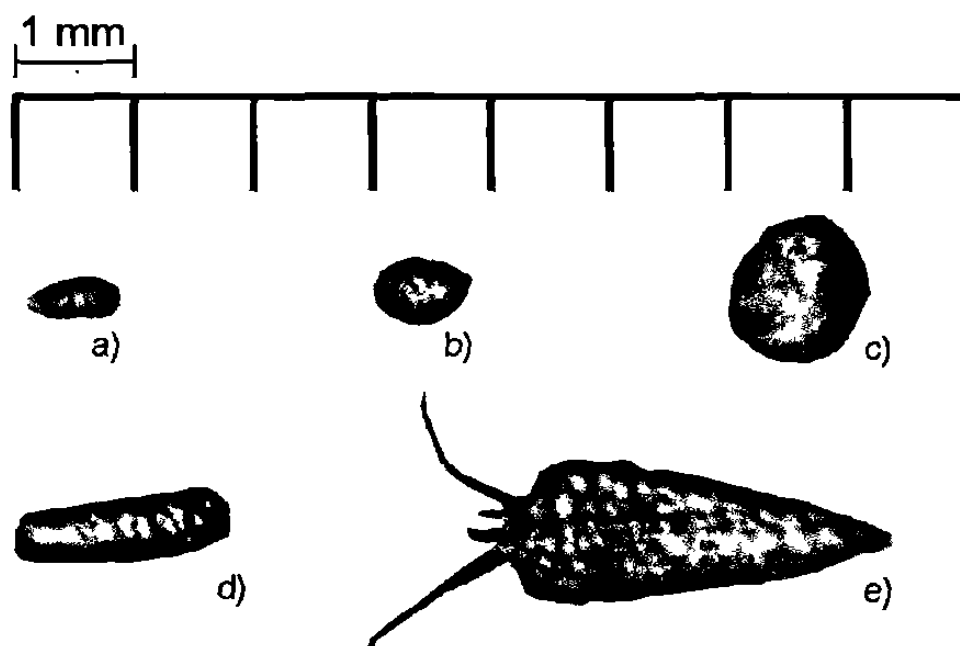


Foto 2. Diferentes formas y tamaños de las especies en el banco de semillas en un área desertificada en el Ejido " Loma Alta" municipio de Linares, N.L.
a) *Euphorbia prostrata* b) *Oxalis latifolia* c) *Dichondra brachypoda*. d) *Verbena canescens*. e) *Calyptocarpus vialis*.

Tanto la diversidad, como la densidad de semillas, en el banco de germoplasma en el suelo en el área desertificada, para las dos condiciones de suelo estudiadas, fue relativamente baja en comparación con el área de referencia.

4.1 Diversidad florística.

El banco de semillas en el área desertificada estuvo integrado por un total de 17 especies que corresponde a un 37 % de la diversidad florística encontrada en el área de referencia sin disturbio. Para el área con costra se registró un total de 13 especies y 12 especies para el área sin costra, de las cuales ocho especies fueron comunes para las dos condiciones de suelo (Cuadro 2).

Como se puede observar en el Cuadro 2, de las 17 especies registradas para las dos condiciones de suelo, sólo 4 no pudieron ser identificadas a nivel de especie y se identificaron en base a la forma de la semilla como morfoespecies, una de estas morfoespecies se pudo identificar solo hasta familia.

En ambas condiciones de suelo, del área desertificada, el banco de germoplasma estuvo constituido principalmente por especies herbáceas anuales y en segundo término, herbáceas perennes de corta vida; juntas

representan aproximadamente el 60 % de la diversidad florística del banco de semillas en el suelo. Las especies arbustivas y arbóreas fueron muy escasas, tan sólo se encontró una especie arbustiva y otra especie arbórea. Las morfoespecies 1, 3, 4 y 5, como se mencionó anteriormente, no se pudieron identificar, por tal motivo no se pudo hacer su clasificación en base a su forma de vida y longevidad (Cuadro 3).

Cuadro 2. Diversidad florística del banco de semillas en las dos condiciones de suelo estudiadas, en el Ejido “ Loma Alta” municipio de Linares, N.L.

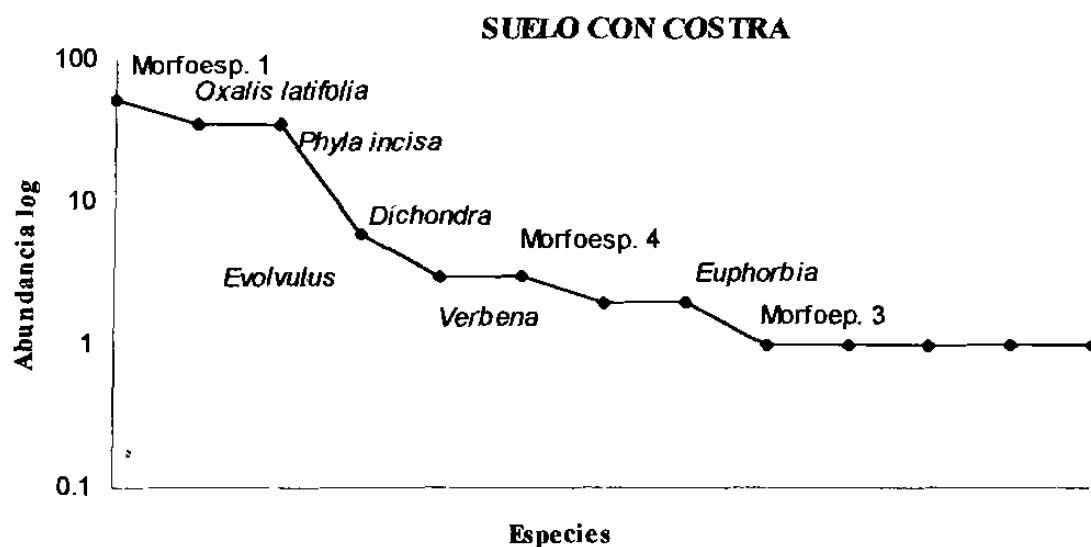
| Diversidad de especies | Suelo con costra | Suelo sin costra |
|---|------------------|------------------|
| <i>Acacia rigidula</i> Benth. | | X |
| <i>Ambrosia confertiflora</i> DC. | | X |
| <i>Aristida purpurea</i> Nutt. | X | X |
| <i>Calypocarpus vialis</i> Less. | | X |
| <i>Chloris cucullata</i> Bisch. | | X |
| <i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ort. | X | X |
| <i>Dichondra brachypoda</i> Woot. & Standl. | X | X |
| <i>Euphorbia prostrata</i> Ait. | X | X |
| <i>Evolvulus alsinoides</i> L. | X | X |
| <i>Oxalis latifolia</i> H.B.K. | X | X |
| <i>Phyla incisa</i> Small. | X | X |
| <i>Verbena canescens</i> H.B.K. | X | |
| <i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen | X | |
| Morfoespecie 1 | X | X |
| Morfoespecie 3 | X | |
| Morfoespecie 4 | X | |
| Morfoespecie 5 | X | |

Cuadro 3. Formas de vida y longevidad de las especies encontradas en el banco de semillas en el área de estudio.

| Especie | Familia | Forma de vida y Longevidad |
|---|------------------------|-----------------------------------|
| <i>Acacia rigidula</i> Benth. | Leguminosae (Fabaceae) | Arbórea |
| <i>Ambrosia confertiflora</i> DC. | Asteraceae | Herbácea, anual o perenne |
| <i>Aristida purpurea</i> Nutt. | Poaceae | Herbácea, perenne |
| <i>Calypocarpus vialis</i> Less. | Asteraceae | Herbácea, perenne |
| <i>Chloris cucullata</i> Bisch. | Poaceae | Herbácea, perenne |
| <i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ort. | Euphorbiaceae | Arbustiva, perenne |
| <i>Dichondra brachypoda</i> Woot. & Standl | Convolvulaceae | Herbácea, perenne |
| <i>Euphorbia prostrata</i> Art. | Euphorbiaceae | Herbácea, anual |
| <i>Evolvulus alsinoides</i> L. | Convolvulaceae | Herbácea, anual |
| <i>Oxalis latifolia</i> H.B.K. | Euphorbiaceae | Herbácea, anual |
| <i>Phyla incisa</i> Small. | Verbenaceae | Herbácea, perenne |
| <i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélén | Poaceae | Herbácea, anual |
| <i>Verbena canescens</i> H.B.K. | Verbenaceae | Herbácea, anual |
| Morfoespecie 1 | | |
| Morfoespecie 3 | | |
| Morfoespecie 4 | | |
| Morfoespecie 5 | Poaceae | |

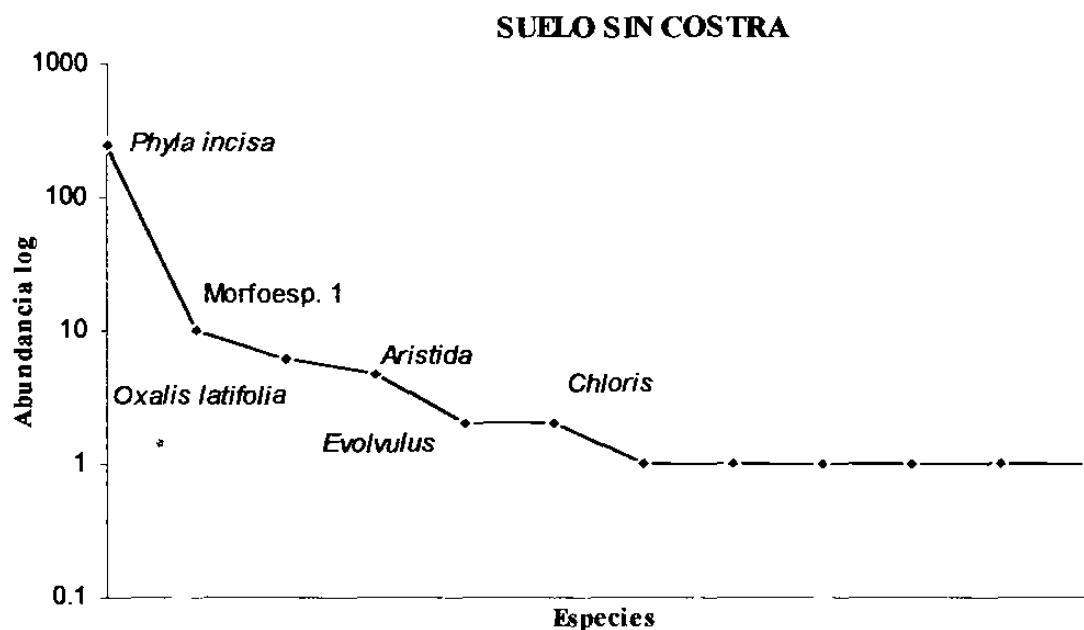
En el área de referencia, aún cuando no se analizó el mismo número de muestras que para el área desertificada, (únicamente se analizaron siete muestras), se encontraron un total de 41 especies de semillas (Anexo 4). Muy probablemente, si se continuara con el análisis de las muestras de suelo hasta que la curva de frecuencia de especies se estabilizara, el número de especies en el área de referencia se incrementaría considerablemente. Sin embargo, el objetivo de analizar el banco de semillas en algunas muestras de suelo del área de referencia no fue hacer comparaciones estadísticas con el área desertificada, sino contar con alguna indicación de que el método de extracción de las semillas era el adecuado.

Para el área con costra, como se mencionó anteriormente se encontró un total de 13 especies. En la Gráfica 1 se expresa la abundancia logarítmica de las especies registradas en esta área, en donde puede observar que la Morfoespecie 1, *Oxalis latifolia* y *Phyla incisa* son las especies más abundantes bajo esta condición de suelo analizada, con valores relativos del 36.3 %, 24.4 % y 24.4 % respectivamente. El resto (14.6%) está distribuido en 10 especies más, pero con valores relativamente bajos (Anexo 2).



Gráfica 1. Abundancia logarítmica de las especies en el área con costra.

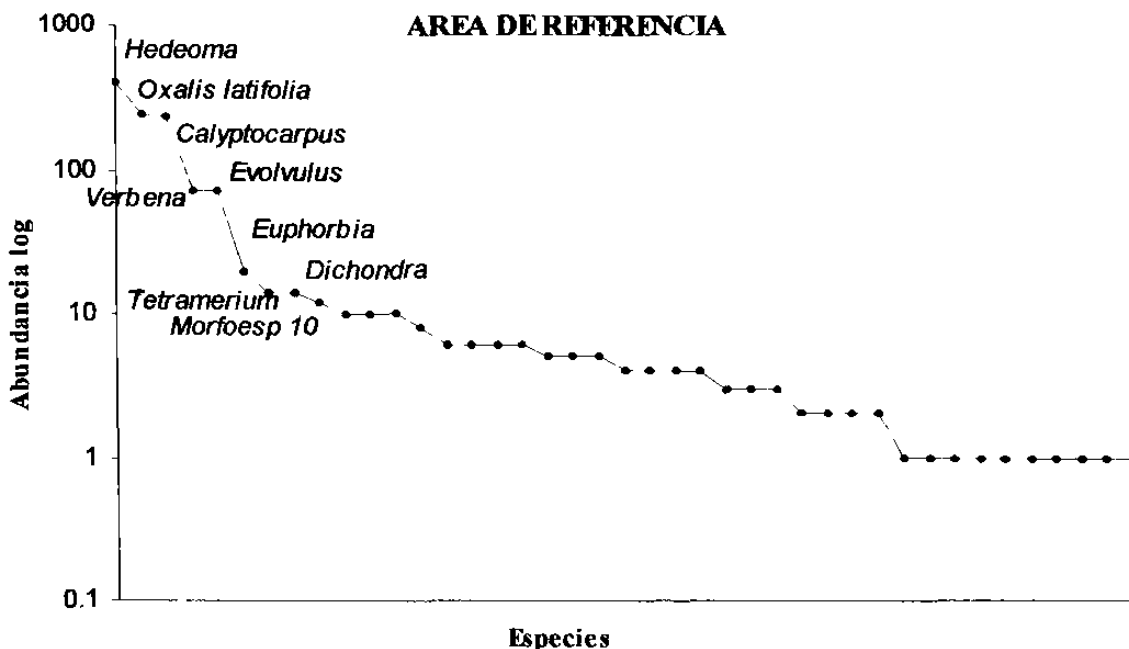
La Gráfica 2 corresponde a la condición de suelo sin costra, en la cual se puede observar, en escala logarítmica, que la especie más abundante fue *Phyla incisa*, seguida de la Morfoespecie 1 y *Oxalis latifolia* con valores relativos del 89 %, 3.5 %, y 2.1 %, el resto distribuidos en un total de 9 especies con valores relativamente bajos (Anexo 3).



Gráfica 2. Abundancia logarítmica de las especies en el área sin costra.

En relación al área de referencia, el banco de germoplasma presentó una alta diversidad y densidad de especies en comparación con el área desertificada (en ambas condiciones de suelo). Se encontró un total de 41 especies de semillas en el suelo por sólo 17 especies en el área desertificada. En la Gráfica 3 se puede observar, en escala logarítmica, que las especies más abundantes para el área de referencia fueron: *Hedeoma drummondii* con valor relativo de 32.9 %, *Oxalis latifolia* 20.3 %, *Calyptracarpus vialis* 19.6 %, *Verbena canescens* 6.0 %, *Evolvulus alsinoides*

5.9 % y el resto distribuidos en 36 especies con valores relativos de 1 y menores que la unidad como se puede observar en el Anexo 4.



Gráfica 3. Abundancia logarítmica de las principales especies de semillas en el área de referencia.

4.2 Densidad de semillas

Para el suelo con costra se obtuvo un total de 143 semillas para el total de las muestras analizadas, con un promedio de 9.5 semillas por parcela (317 semillas/m^2), mientras que para el área sin costra se obtuvo un total de 282 semillas en las 15 muestras de suelo analizadas, con un promedio de 18.8 semillas por parcela (627 semillas/m^2).

Una de las interrogantes al inicio de la presente investigación fue si existían diferencias entre las dos condiciones de suelo estudiadas: suelos con encostramiento y suelos sin encostramiento. Los resultados de los análisis estadísticos de los datos, mediante la prueba del muestreo pareado por rangos de Wilcoxon, nos muestran que no hay diferencias significativas ($P > 0.05$) en lo que a densidad de semillas se refiere, entre las dos condiciones dentro del área desertificada: con costra y sin costra (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis estadístico de las dos condiciones de suelo estudiadas mediante la prueba del muestreo pareado por rangos de Wilcoxon.

| # Parcela (j) | Sin costra (X_{1j}) | Con costra (X_{2j}) | $d_j = (X_{1j} - X_{2j})$ | Rango de D_j | Rango signo D_j |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|
| 1 | 3 | 0 | 3 | 6 | 6 |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 4.5 | 4.5 |
| 3 | 203 | 31 | 172 | 15 | 15 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1.5 | 1.5 |
| 5 | 1 | 16 | -15 | 12 | -12 |
| 6 | 6 | 8 | -2 | 4.5 | -4.5 |
| 7 | 7 | 17 | -10 | 9.5 | -9.5 |
| 8 | 1 | 1 | 0 | 1.5 | 1.5 |
| 9 | 0 | 18 | -18 | 13 | -13 |
| 10 | 4 | 5 | -1 | 3 | -3 |
| 11 | 4 | 11 | -7 | 7 | -7 |
| 12 | 6 | 17 | -10 | 9.5 | -9.5 |
| 13 | 2 | 11 | -9 | 8 | -8 |
| 14 | 12 | 1 | 11 | 11 | 11 |
| 15 | 30 | 6 | 24 | 14 | 14 |

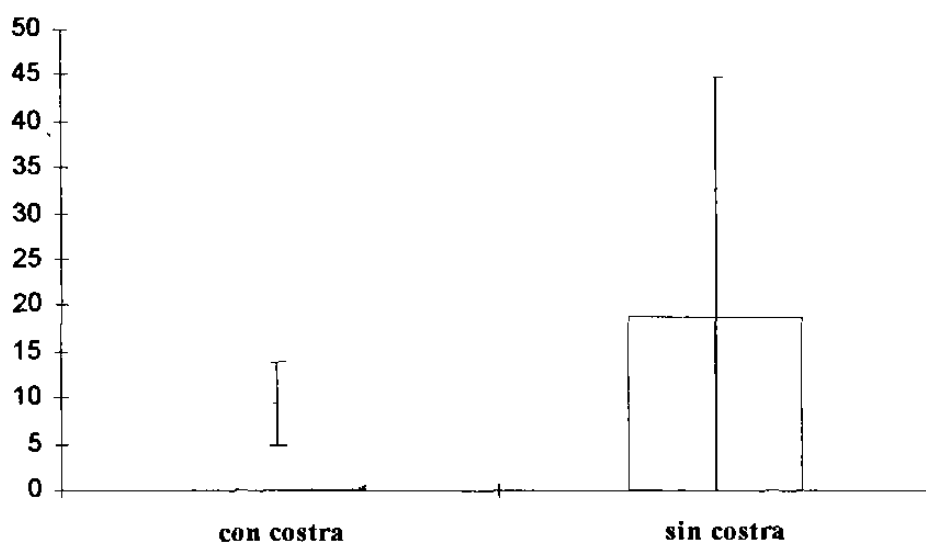
$$n = 15$$

$$T^+ = 6 + 4.5 + 15 + 1.5 + 1.5 + 11 + 14 = 52$$

$$T^- = 12 + 4.5 + 9.5 + 13 + 3 + 7 + 9.5 + 8 = 63.5$$

$$T_{0.05(2),15} = 2.13$$

La Gráfica 4 muestra el número promedio de las semillas encontradas bajo cada condición de suelo, así como el intervalo de confianza estimado para cada una. Como medida de referencia, en el área sin disturbio se encontró un promedio de 171 semillas por parcela.



Gráfica 4. Promedio de semillas para las dos condiciones de suelo en el área desertificada. Las barras de error representan los intervalos de confianza ($\alpha=0.05$).

En el área de suelo sin costra, *Phyla incisa* presentó el valor más alto en cuanto a número de semillas en el total de las parcelas analizadas. Del número total de semillas encontradas para esa condición de suelo (282), 251 semillas correspondieron a dicha especie. Sólo en una de las parcelas se encontraron 203 semillas, lo que ocasionó que la varianza se incrementase

en forma considerable.

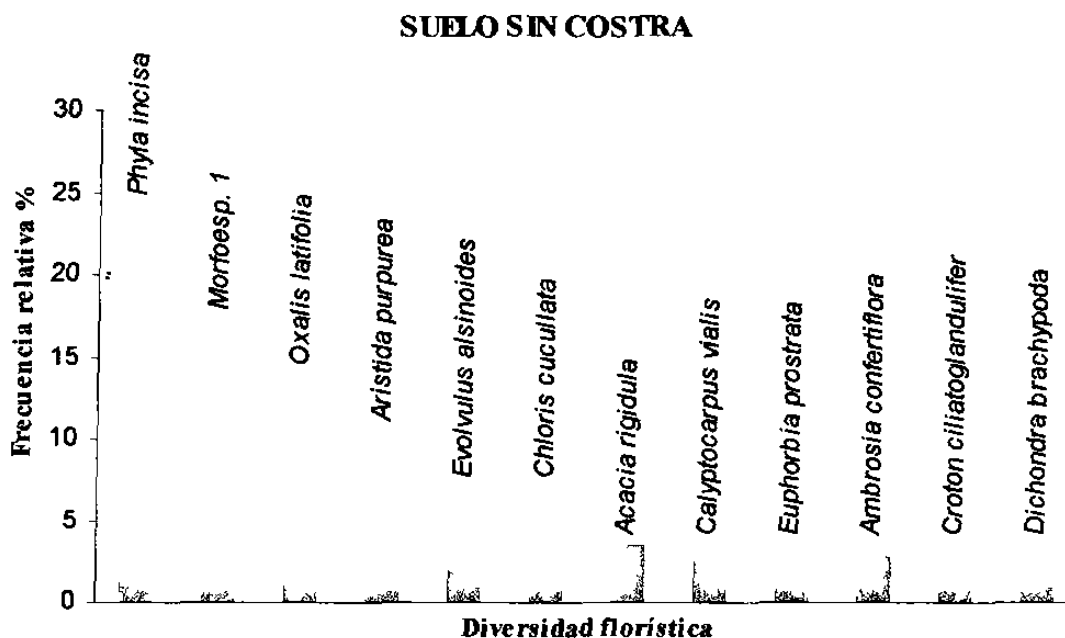
Las especies con los valores más altos de frecuencia relativa en el suelo con costra fueron: Morfoespecie 1 con 25.6 %, *Oxalis latifolia* con 25.6%, y *Phyla incisa* con 11.6 % (Gráfica 5 y Anexo 5).



Gráfica 5. Frecuencia relativa de las especies en el área con costra.

Para el área sin costra, las especies más importantes en cuanto a frecuencia relativa fueron: *Phyla incisa* con 24%, Morfoespecie 1 con 17.2 %, y *Oxalis latifolia* con 13.8 %, *Aristida purpurea* 10.3% y el resto de las especies con valores relativamente bajos (Gráfica 6 y Anexo 6).

En ambos casos, las tres especies más abundantes fueron también las más frecuentes.



Gráfica 6. Frecuencia relativa de las especies en el área sin costra.

Ciertas especies que se encontraron en el área desertificada, también se localizaron en el área de referencia, tal es el caso de *Oxalis latifolia*, la cual en el área desertificada con costra ocupó el segundo sitio en cuanto a abundancia. La Morfoespecie 1, que en el área desertificada con costra fue

la especie más abundante, en el área sin costra ocupó el segundo lugar, en cambio esta misma especie, en el área de referencia, ocupó el lugar número 25 en abundancia con valor relativo muy bajo (0.25 %).

Phyla incisa fue la especie más abundante y la más frecuente en el área sin costra; en el área con costra ocupó el tercer sitio, tanto en abundancia como en frecuencia, en cambio en el área de referencia no se encontró en el total de los muestreos de suelo analizados. Algunas especies que se encontraron tanto en el área desertificada (en ambas condiciones) como en el área de referencia fueron *Calypocarpus vialis*, *Verbena canescens*, *Euphorbia prostrata*, *Acacia rigidula* y *Croton ciliatoglandulifer*.

En el área de referencia la especie más abundante fue *Hedeoma drummondii* con 395 semillas en el total de las muestras de suelo analizadas, cabe hacer la aclaración que tan sólo en una de las parcelas se cuantificó un total de 240 semillas. Además de ser la especie más abundante, fue la especie más frecuente, debido a que se encontró en todas las parcelas analizadas. En segundo sitio se ubicó *Oxalis latifolia* con un total de 244 semillas y en tercer sitio *Calypocarpus vialis* con 235 semillas.

Hedeoma drummondii fue la especie más importante en el área de referencia, en cuanto a los valores de abundancia y frecuencia, pero no se

presentó en el área desertificada en ninguna de las dos condiciones de suelo analizadas. Posiblemente esta especie no esté adaptada a los disturbios producidos en el área desertificada como pueden ser las características físicas del suelo, escasa cobertura vegetal, insolación directa, incrementos en luz y temperatura, entre otros. Por lo cual es una especie con potencial como indicadora de calidad de sitio.

CAPÍTULO 5

DISCUSIÓN

La semejanza en la densidad de las semillas bajo las dos condiciones de suelo analizadas, con costra y sin costra, contrasta con lo observado durante los recorridos de campo donde se observaron diferencias en el número de plantas presentes en una y otra condición.

Si bien la densidad de plantas fue muy baja en toda el área desertificada, las pocas plantas presentes se encontraron únicamente en el área sin costra. Para el área con costra se registró solamente un individuo durante los recorridos realizados. Esta observación y los resultados aquí obtenidos parecen indicar que la presencia de la costra no impide la llegada de las semillas al suelo pero sí posiblemente su germinación o establecimiento, coincidiendo con lo reportando por Cavers y Benoit (1989).

Para ambas condiciones estudiadas, se presentó una baja densidad de semillas (627 semillas/m² para el área sin costra y 317 semillas/m² para el área con costra), así como baja diversidad florística (17 especies) en comparación con los datos obtenidos para el área referencial, en la cual se registraron 41 especies, con un promedio de 5700 semillas/m².

Los disturbios en el suelo causan una alta mortalidad de las semillas (Garwood, 1989), lo que conduce a pensar que el evidente impacto antropogénico sobre el área de estudio, sumado a las condiciones climáticas adversas, han sido los responsables de la baja densidad de las semillas y diversidad florística en el banco de semillas.

Al comparar las cifras reportadas por Meissner y Facelli (1999) para áreas desertificadas con los valores obtenidos en esta investigación, se observa que estos últimos son considerablemente más bajos. Dichos autores reportaron para el área pastoreada, un total de 35 especies, con una densidad máxima de 13 350 semillas/m² y una mínima de 270 semillas/m², mientras que en el área del presente estudio, se encontró una densidad máxima de 6 766 semillas/m², y una mínima de 33 semillas/m², si bien en algunas de las parcelas no se encontró ninguna semilla.

Lo anterior conlleva a suponer dos diferentes escenarios: (1) el área evaluada en este estudio se encuentra en un grado más severo de desertificación, lo que repercute en una menor densidad y diversidad de las semillas del suelo o, (2) el banco de semillas existente en el área, antes de verse afectada por los procesos de desertificación, era, por su propia naturaleza, más pobre en densidad y diversidad que el área estudiada por Meissner y Facelli (1999).

Sin embargo, este segundo escenario se descarta al comparar la densidad y diversidad de semillas reportadas por los citados autores para las áreas de exclusión (densidad máxima de 12 745 semillas/m² con 32 especies de semillas) con los valores encontrados en el presente estudio para el área de referencia (densidad máxima de 17 467 semillas/m², con 41 especies de semillas) donde tanto la densidad como la diversidad de especies fue mayor.

La variabilidad en la densidad de semillas entre los sitios de muestreo fue muy alta, encontrando desde 33 semillas/m² hasta 6 766 semillas/m², existiendo, además, sitios en los que no se encontró ninguna semilla.

La alta concentración de semillas pequeñas en un solo sitio, como se presentó en una de las parcelas del área sin costra, puede ser debida a una variedad de factores tales como el peso o el tamaño, la cercanía de las plantas madre, la forma de dispersión de las semillas, o la actividad por agentes de dispersión (Bigwood e Inouye 1988). Para este caso en particular, la concentración de semillas de *Phyla incisa* fue debida a la cercanía de las plantas madre, y al tamaño de las semillas que fueron dispersadas horizontalmente, con relativa facilidad, por el viento.

El banco de semillas en el área desertificada estuvo constituido en su mayor parte, por semillas pequeñas (menores a 5 mm). Éstas, además de ser las más abundantes, fueron las más frecuentes, ya que se encontraron en prácticamente todos los sitios de muestreo, para las dos condiciones de suelo analizadas. Por el contrario, las semillas de mayores dimensiones (*Acacia rigidula* y *Croton ciliatoglandulifer*, 7 mm y 5 mm respectivamente) se encontraron únicamente en uno de los sitios en el área sin costra, y solamente en uno de los muestreos para el área con costra. Esta predominancia de las semillas pequeñas coincide con lo reportado por Guo *et al.* (1998) para cuatro sitios diferentes de desiertos de Norteamérica.

Si bien la composición florística entre las dos condiciones de suelo del área desertificada no parece diferir sustancialmente, sí hubo especies que se presentaron exclusivamente en áreas desertificadas, o bien en el área de referencia o sin disturbio.

Ciertas especies que se encontraron en el área desertificada, también se localizaron en el área referencial, tal es el caso de *Oxalis latifolia*, *Calypocarpus vialis*, *Verbena canescens*, *Euphorbia prostrata*, *Acacia rigidula* y *Croton ciliatoglandulifer*. Esto podría denotar la plasticidad de estas especies para adaptarse a diferentes condiciones de sitio.

Phyla incisa fue una especie abundante y frecuente en el área degradada, tanto en la condición con costra, como en el suelo sin costra. En cambio, en el área de referencia no se encontró ni una sola semilla de esta especie en el total de los muestreos de suelo analizados.

El caso contrario fue el de *Hedeoma drummondii*, esta especie fue la más abundante y la más frecuente en el área de referencia, encontrándose en todas las muestras de suelo analizadas, pero no se presentó en el área desertificada en ninguna de las dos condiciones de suelo analizadas. Posiblemente esta especie no esté adaptada a los disturbios producidos en el área desertificada como pueden ser las características físicas del suelo, escasa cobertura vegetal, insolación directa, incrementos en luz y temperatura entre otros. Por lo cual, es una especie con potencial como indicadora de calidad de sitio.

Los datos anteriores contrastan con los resultados obtenidos por Jurado *et al.* (1998) en un estudio sobre el establecimiento de plántulas en tres condiciones del matorral: matorral abierto, matorral denso y una plantación de leucaena. Los autores encontraron que las plántulas del género *Hedeoma* sp., únicamente se establecieron en el área de las plantaciones con leucaena, que serían las de mayor disturbio, dentro de las áreas evaluadas por ellos, mientras que las plántulas del género *Oxalis* sp.

se establecieron en áreas abiertas del matorral.

Lo anterior conduce a pensar que probablemente *Hedeoma* sp. es muy susceptible a la insolación directa, por lo que no se le encuentra en áreas desprovistas de vegetación, como es el caso del área desertificada que se evaluó.

Además de las características físicas del suelo, el sobrepastoreo puede afectar de manera indirecta al banco de semillas en el área desertificada, debido a que algunas de las plantas son consumidas en su totalidad por el ganado, evitando en primer término el establecimiento y desarrollo de las plántulas y la producción de semillas. Por lo tanto, el pastoreo afecta la entrada y salida de varias especies hacia el interior del banco de semillas, y podría resultar en un decremento en la densidad de las semillas de las especies palatables tales como pastos (Meissner y Facelli, 1999).

Considero que el método de extracción de las semillas del suelo que se empleó, fue el más adecuado debido al bajo número de semillas en el suelo, a lo disperso de las semillas en el suelo y a la baja densidad de plantas en estas condiciones de suelo para su dispersión. Además, este método ha sido reportado por diversos autores (Brown, 1992; Meisser y

Facelli, 1999) como el más exacto para estudios de poblaciones, ya que estima el total de la densidad de las semillas, germinables y latentes.

El método de extracción de las semillas de suelo es extremadamente laborioso, por lo que para llegar al final de la presente investigación, fue necesario analizar 26 kg de suelo, e invertir más 150 horas de trabajo arduo bajo el estereoscopio, con la finalidad de separar las semillas del suelo y realizar su determinación taxonómica.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, corresponden a un solo período de evaluación (un solo año, y en una sola fecha) y pudieran ser atípicos, ya que existe una gran variabilidad estacional y anual en el banco de semillas y pueden ocurrir cambios importantes de un año a otro (Kemp, 1989). También existe gran variación en la densidad de semillas del banco de semillas durante un año, reflejando cambios temporales en la germinación que parecen estar relacionados a la producción de la semilla y a las estaciones del crecimiento (Bullock, 1996; Rundel y Gibson, 1996). Las condiciones climáticas a nivel temporal y a largo plazo pueden influir de manera determinante en la producción de las semillas en una comunidad vegetal.

En la presente investigación se realizó la estimación de las semillas

en el suelo, incluyendo tanto las semillas viables, latentes o quizá muertas. Por consiguiente, el paso obligado con miras a complementar este estudio, sería obtener información acerca de la viabilidad de las semillas, para posteriormente realizar estudios sobre latencia de las mismas.

Los resultados obtenidos en este trabajo son congruentes con la hipótesis planteada al inicio del mismo, y hacen surgir una serie de nuevas interrogantes relacionadas con las variaciones temporales y estacionales, a largo plazo, en la densidad, diversidad y germinabilidad de las semillas.

Para dar respuesta a estas interrogantes y tratar de comprender la compleja dinámica de los bancos de semillas en áreas degradadas, se sugiere continuar el monitoreo del banco de semillas en el área evaluada en este estudio y establecer áreas de exclusión del ganado para registrar la emergencia y persistencia de las plántulas en las áreas degradadas.

En futuros estudios, la toma de las muestras de suelo deberán realizarse, de ser posible, varias veces al año (por ejemplo poco después de la maduración de la semillas, la dispersión y/o pre-germinación) y durante varios años para obtener resultados comparativos más precisos (Guo *et al.*, 1998).

Otros estudios, dentro de esta misma línea de investigación, podrían dirigirse a determinar la viabilidad, rompimiento de la latencia de algunas especies persistentes en el suelo, comportamiento de la germinación (germinabilidad, velocidad de la germinación, etc.) formas de dispersión de las semillas que son de gran importancia en estas áreas debido a la escasa cobertura vegetal; estudios sobre depredación; y establecimiento de plántulas en relación a la morfología de las semillas

La metodología para la extracción de semillas del suelo descrita en este trabajo podrá ser empleada en futuras investigaciones sobre estudios del banco de semillas en áreas desertificadas o en ecosistemas similares.

Los resultados aquí presentados constituyen uno de los pocos estudios sobre semillas del matorral tamaulipeco y el primero sobre conteo directo de semillas en el suelo con relación a la degradación del mismo en el Noreste de México.

LITERATURA CITADA

- Abu-Awwad, M. 1996. Soil and water management in arid areas with surface crust. *Proceedings of the V International Conference on Desert Development*. Texas Tech University. Vol 1: 264 - 269.
- Anaya, G.M. 1990. La degradación del suelo inducida por el hombre en México. *Memorias del Primer Simposio Nacional sobre degradación del suelo*. pp. 1-2
- Archibold, O.W. 1989. Seed banks and vegetation processes in coniferous forest. En: Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds.) *Ecology of Soil Seed Banks*. pp. 107- 122. San Diego: Academic Press.
- Ballín, C.J.R. 1984. Desertificación, visión de conjunto. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Investigación en Zonas Desérticas. Departamento de Combate a la Desertificación. San Luis Potosí, S.L.P.
- Baker, H.G. 1989. Some aspects of the natural history of seed banks. En: Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds.) *Ecology of Soil Seed Banks*. pp. 9 - 21. San Diego: Academic Press.
- Barbour, M.G. y R.T. Lange. 1966. Seed populations in some natural Australian topsoils. *Botany Department, University of Adelaide, South Australia. Ecology* 48 (1): 153 – 154.
- Bigwood, D.W. y D.W. Inouye. 1988. Spatial pattern analysis of seed banks: An improved method and optimized sampling. *Ecology* 69 (2): 479- 507.
- Bullock, J. 1996. *Plants*. En: *Ecological census techniques*. Edited by Williams J. Sutherland. pp. 111 – 138.
- Brown, D. 1992. Estimating the composition of forest seed bank: of the seed extraction and seed emergence methods. *Canadian Journal of Botany*. 70 (8) : 1603 – 1612.
- Cavazos, P.T. y V. Molina. 1992. Registros Climatológicos de la región citrícola de Nuevo León. *Boletín Técnico*. No. 1. Facultad de Ciencias Forestales. U.A.N.L.

- Cavers, P.B. y D.L. Benoit. 1989. Seed banks in arable land. En: Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds.) Ecology of Soil Seed Banks. pp. 309 – 326. Foreword San Diego: Academic Press.
- Childs, S. y D.W. Goodall. 1973. Seed reserves of desert soil. US/IBP. Desert Biome Research Memorandum 73-5. Logan Utah State University.
- CONAZA, 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México. (PACD- MÉXICO) Comisión de las Zonas Áridas. SEDESOL.
- Correa, R.J.B. 1996. Evaluación y cuantificación de los cambios del uso del suelo mediante imágenes de satélite en los municipios de Linares y Hualahuises, N.L. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales U.A.N.L
- Darnhofer, T. 1993. A new method to evaluate desertification in the Sahelian Region. Desertification Control Programme Activity, Centre, UNEP. pp 7-13.
- Foroughbakhch, R.R. y R.W. Peñaloza. 1988. Introducción de 10 especies forestales en el matorral del noreste de México. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Rep. Cientif. No.8, pp.1-33 Linares, N.L.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. Larios, S.A. México, D.F.
- Garwood, N.C. 1989. Tropical soil seed banks: A review. En: Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds.) Ecology of Soil Seed Banks. pp. 149 – 104. Foreword San Diego: Academic Press.
- Gee, G.W. y J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. En: Methods of soil analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods. Agronomy Monograph No. 9 (2nd Edition). American Society of Agronomy-Soil Society of America.
- Goodall, D.W., S. Childs y H. Wiebe. 1972. Methodological and validation study of seed reserves in desert soils. US/IBMP Desert Biome Research Memorandum 72-8. Logan: Utah State University.
- Gross, K.L. 1990. A comparison of methods for estimating seed numbers in soil. Journal of Ecology 78: 1079 – 1093.

- Guo, Q., W.P. Rundel y D.W. Goodall. 1998. Horizontal and vertical distribution of desert seed banks: patterns, causes, and implications. *Journal of Arid Environments* 38: 465- 478.
- Guo, Q., P.W. Rundel y D.W. Goodall. 1999. Structure of desert seed banks: comparisons across four North American desert sites. *Journal of Arid Environments* 42: 1- 14.
- Gutiérrez, G. R.M. 1997. Evaluación del grado de desertificación en el municipio de Linares, N.L. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales. U.A.N.L.
- Henderson, C.B., K.E. Petersen y R.A. Redak. 1988. Spatial and temporal patterns in the seed bank and vegetation of a desert grassland community. *Journal of Ecology*. 76: 717 – 728.
- Hernández, M.S. 1997. Determinación de los procesos Climo-pedo-geomorfológicos y agentes causantes de la desertificación en el Ejido "Loma Alta". Inédito.
- Jurado, E., J. Jiménez y E. Treviño. 1998. Biodiversidad en peligro. *CIENCIA UANL* 1:43-47
- Jurado, E., J. Flores, J. Navar y J. Jiménez. 1998. Seedling establishment under native tamaulipan thornscrub and *Leucaena leucocephala* plantation. *Forest Ecology and Management*. 105: 151 – 157.
- Kalisz, S. 1991. Experimental determination of seed bank age structure in the winter annual *Collinsia verna*. *Ecology*, 72 (2): 575- 585 Ecological Society of America.
- Kemp, P.R. 1989. Seed banks and processes in desert. En: Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds.) *Ecology of Soil Seed Banks*. pp 257 - 280. San Diego: Academic Press.
- Kumar, S. 1992. Assessment of vegetation degradation: Status methodological research. *Annals of arid zone* 31 (1): 52-62.
- Leck, M.A., V.T. Parker y R.L. Simpson. 1989. *Ecology of Soil Seed Bank*. San Diego: Academic Press.
- López, R.J., y M.J. López. 1985. Diagnóstico de suelos y plantas. *Métodos*

de campo y de laboratorio.

- Maldonado, A.L.J. 1989. El papel de la actividad forestal en zonas áridas. Ponencia presentada en el Congreso Agroforestal de la Facultad de Ciencias Forestales, U.A.N.L. Noviembre de 1989.
- Maldonado, H.A. y M. Pando. 1994. Quantitative Model for the evaluation of Desertification. En: IV International Conference on Desert Development. " Sustainable Development for our common future" pp. 70 -76.
- Meissner, R.A. y J.M. Facelli. 1999. Effects of sheep exclusion on the soil seed bank and annual vegetation in chenopod shrublands of South Australia. *Journal of Arid Environments* 42: 117 - 128.
- McGraw, J.B. y M.C. Vavrek. 1989. The role of buried viable seed in Arctic and Alpine plant communities En: Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds.) *Ecology of Soil Seed Banks*. pp 123 - 145. San Diego: Academic Press.
- ONU, 1993. Desarrollo sostenible de tierras áridas y lucha contra la desertificación: Posición de la FAO. ONU. Para la Agricultura y la alimentación. Roma, Italia.
- Ortiz, S.M., M. De La L. y B.J.W. Estrada. 1990. La erosión eólica en la República Mexicana. *Memorias del Primer Simposio Nacional sobre degradación del suelo*. pp 5-6.
- Pake, C.E y D.L. Venable. 1996. Seed banks in desert annuals: Implications for persistence and coexistence in variable environments. *Ecology* 77 (5) :1427- 1435.
- Pando, M., E. Jurado, J. Navar, M. Manzano, M. Ruiz, y N. Reid. 1996. Considerations for Evaluating land degradation in Northeast of México. En: Fifth International Conference on Desert Development.
- Parker, T., y V.R. Kelly. 1989. Seed banks in California chaparral and other Mediterranean climate shrublands. En: Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds.) *Ecology of Soil Seed Banks*. pp 231 - 253. San Diego: Academic Press.
- Pickett, S.T.A. y M.L. McDonnell. 1989. Seed bank dynamics in temperate

- deciduous forest. En: Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds.) Ecology of Soil Seed Banks. pp 123 - 145. San Diego: Academic Press.
- Rice, K.J. 1989. Impacts of seed banks on grassland community structure and population dynamics. En: Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds.) Ecology of Soil Seed Banks. pp 212 - 229. San Diego: Academic Press.
- Roberts, H.A. 1981. Seed banks in soils. National Vegetable Research Station Wellesbourne, Warwick, UK.
- Roldán, P.A. y D.J. Trueba. 1978. Factores ecológicos y sociales de la desertificación. En: La desertificación en México pp 55 - 80. U.A.S.L.P., I.I.Z.D., San Luis Potosí, S.L.P. México.
- Rubio, J.L. y E. Bochet. 1998. Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe. *Journal of Arid Environments*. 39: 113- 120.
- Rundel, P.W. y A.C. Gibson. 1996. Ecological communities and processes in a Mojave Desert ecosystem. Rock Valley, Nevada. Cambridge, University Press.
- S.A.R.H. 1991. Oficio Circular No. 2105. México, D.F.
- Sale, P.J.M., y D.J. Harrison. 1964. Seedling emergence as effected by soil capping. *J. Hort Sci.*, Vol. 39, pp. 147-161.
- Sharma, K. D. 1998. The hydrological indicators of desertification. *Journal of Arid Environments*. 39: 121-132.
- Simpson, R.L., M.A. Leck y V.T. Parker. 1989. Seed banks: General concepts and Methodological issues. En: Leck, M.A., Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Eds.) Ecology of Soil Seed Banks. pp. 3 - 8. San Diego Academic Press.
- Thompson, K. 1992. The functional ecology of seed banks. En: Fenner, M. (Ed.) Seed. Ecology of regeneration in plant communities. pp. 321 - 258. CAB. International.
- Thompson, K., y J.P. Grime. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* 67: 893 - 921.

- Traba, J., C. Levassor y B. Peco. 1998. Concentrating samples can lead to seed losses in soil bank estimations. *Ecology* 12: 975 - 982. British Ecological Society.
- Treviño, G.E.J., A. Akca, E. Jurado y L.E. Barajas. 1997. Análisis retrospectivo y situación actual de la vegetación del municipio de Linares, N.L. México. VIII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota, Mérida, Venezuela.
- Welling, C.H., R.L. Pederson y A.G. van der Valk. 1988. Recruitment from the seed bank and the development of emerging zonation during a draw in a prairie wetland. *Journal Ecology* 76: 483-496.
- Zar, J.H., 1984. Bioestatical analysis, Prentice-Hall International Editions. Second Edition.

ANEXO 1. Lista florística de especies dentro del área de estudio y área de referencia en el ejido “Loma alta” municipio de Linares, N.L.

| FAMILIA | Forma de Vida | Longevidad |
|---|----------------------|-------------------|
| ACANTHACEAE | | |
| <i>Elytraria</i> sp | H | P |
| <i>Ruellia nudiflora</i> (Engelm. & A. Gray) Urb. | H | P |
| <i>Ruellia yucatana</i> (Leonard) Tharp & Barkley | H | A ó p |
| <i>Tetramerium hispidum</i> Nees | | |
| AMARANTHACEAE | | |
| <i>Althernanthera repens</i> (L.) Kuntze | H | P |
| <i>Gomphrena descumbens</i> Jacq. | H | P |
| ASTERACEAE | | |
| <i>Ageratina scordonioides</i> (Rob.) K. & R. | Ar | P |
| <i>Aphanostephus ramosissimus</i> DC. | H | A |
| <i>Ambrosia confertiflora</i> DC. | H | P |
| <i>Brickellia eupatorioides</i> (L.) Shinnery | Ar | P |
| <i>Calypocarpus vialis</i> Less. | H | P |
| <i>Chaetopappa belloides</i> (A. Gray) Shinnery | H | A |
| <i>Chaptalia texana</i> E. Greene | H | A |
| <i>Fleischmannia pynoccephala</i> (Less.) K. & R. | Ar | P |
| <i>Gnaphalium</i> sp | H | P |
| <i>Gutierrezia microcephala</i> (DC.) A. Gray. | H | A |
| <i>Gutierrezia texana</i> (DC.) T. & G. | H | A |
| <i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less. | H | P |
| <i>Koanophyllum</i> sp. | Ar | P |
| <i>Parthenium hysterophorus</i> L. | H | A |
| <i>Parthenium confertum</i> A. Gray | H | P |
| <i>Simsia calva</i> (Engelm. & A. Gray) A. Gray | H | P |

Anexo 1. Continuación

| | | |
|---|---|-------|
| <i>Thymophylla pentachaeta</i> (DC.) Small. var. <i>pentachaeta</i> . | H | a ó p |
| <i>Tridax procumbens</i> L. | H | a |
| <i>Verbesina microptera</i> DC. | H | p |
| <i>Wedelia acapulcensis</i> Kunth var. <i>hispida</i> (Kunth) Strother | H | a ó p |

BORAGINACEAE

| | | |
|--|---|-------|
| <i>Heliotropium confertifolium</i> (Torr.) A.Gray. | H | p |
| <i>Lithospermum matamorensense</i> A. DC. | H | p ó a |

BRASSICACEAE

| | | |
|-------------------------------|---|---|
| <i>Lepidium virginicum</i> L. | H | a |
|-------------------------------|---|---|

CACTACEAE

| | | |
|-------------------------------------|----|---|
| <i>Opuntia cantabrigensis</i> Lynch | Ar | p |
| <i>Opuntia lindheimeri</i> Engelm. | Ar | p |

CAMPANULACEAE

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| <i>Lobelia berlandieri</i> A. DC. | H | a |
|-----------------------------------|---|---|

CARYOPHYLLACEAE

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| <i>Stellaria media</i> (L.)Cyr. | H | a |
|---------------------------------|---|---|

Anexo 1. Continuación

| FAMILIA | Forma de vida | Longevidad |
|---|---------------|------------|
| CONVOLULACEAE | | |
| <i>Dichondra brachypoda</i> Woot. & Standl. | H | p |
| <i>Evolvulus alsinoides</i> L. | H | a |
| CYPERACEAE | | |
| <i>Cyperus odoratus</i> L. | H | p |
| EUPHORBIACEAE | | |
| <i>Euphorbia prostrata</i> Ait. | H | a |
| <i>Euphorbia af. pycnanthema</i> Engelm. | H | p |
| <i>Euphorbia</i> sp. | H | a |
| <i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ort. | Ar | p |
| <i>Croton incanus</i> K.B.K. | Ar | p |
| <i>Phyllanthus polygonoides</i> Spreng. | H | a ó p |
| <i>Tragia ramosa</i> Torr. | H | p |
| GENTIANACEAE | | |
| <i>Centarium calycosum</i> (Buckl.) Fern. | H | a |
| HYDROPHYLLACEAE | | |
| <i>Nama</i> sp. | H | a |
| <i>Nama undulatum</i> H.B.K. | H | a |

Anexo 1. Continuación

| FAMILIA | Forma de vida | Longevidad |
|--|---------------|------------|
| LAMIACEAE | | |
| <i>Hedeoma drummondii</i> Benth. | H | a ó p |
| <i>Salvia coccinea</i> Juss. | H | a |
| <i>Scutellaria</i> sp. | H | a |
| <i>Teucrium cubense</i> Jacq. | H | a ó p |
| LEGUMINOSAE (FABACEAE) | | |
| <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd. | Ar | p |
| <i>Acacia rigidula</i> Benth. | Ar | p |
| <i>Dalea</i> sp. | Ar | p |
| <i>Dalea pogonathera</i> Gray. | Ar | p |
| <i>Centrocema virginianum</i> (L.) Benth. | H | p |
| <i>Cologania angustifolia</i> H.B.K. | H | p |
| <i>Indigofera miniata</i> Ort. var. <i>miniata</i> | H | p |
| <i>Pediomelum rhombifolium</i> (T. & G.) Rydb. | H | p |
| <i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) M.C. Johnst. | A | |
| LOASACEAE | | |
| <i>Cevalia sinuata</i> L. | H | p |

Anexo 1. Continuación

| FAMILIA | Forma de vida | Longevidad |
|---|---------------|------------|
| MALVACEAE | | |
| <i>Abutilon wrightii</i> A.Gray | H | p |
| <i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Gke. | H | p |
| <i>Sida abutifolia</i> Mill. | H | a |
| <i>Wissadula amplissima</i> (L.) R.E. Fires | H | a |
| ONOGRACEAE | | |
| <i>Oeothera texensis</i> Raven & Parnell. | H | a |
| OXALIDACEAE | | |
| <i>Oxalis latifolia</i> H.B.K. | H | p |
| POACEAE | | |
| <i>Aristida purpurea</i> Nutt. | H | a |
| <i>Aristida adscensionis</i> L. | H | a |
| <i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. y Merr. | H | p ó a |
| <i>Cenchrus incertus</i> M.A. Curtis | H | p ó a |
| <i>Chloris ciliata</i> Swartz | H | a |
| <i>Chloris cucullata</i> Bisch. | H | p |
| <i>Eragrostis</i> sp | H | a |
| <i>Erioneuron pilosum</i> (Buckley) Nash. | H | a |
| <i>Pappophorum bicolor</i> Fourn. | H | p |
| <i>Panicum obtusum</i> (Kunth) | H | p |
| <i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult. | H | a |

Anexo. 1 continuación

| | | |
|--|---|---|
| <i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen. | H | a |
| <i>Tridens texanus</i> (S.Watson) Nash. | H | a |

POLEMONIACEAE

| | | |
|----------------------------|---|---|
| <i>Gilia incisa</i> Benth. | H | a |
|----------------------------|---|---|

POLYGALACEAE

| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| <i>Polygala ovatifolia</i> A.Gray | H | p |
|-----------------------------------|---|---|

RHAMNACEAE

| | | |
|--|----|---|
| <i>Karwinskia humboldtiana</i> (R. y S.) Zucc. | Ar | p |
| <i>Condalia Hookeri</i> M.C. Johnst. | Ar | p |

RUBIACEAE

| | | |
|--|---|---|
| <i>Crusea diversifolia</i> (H.B.K.) Anderson | H | a |
|--|---|---|

RUTACEAE

| | | |
|--------------------------------------|----|---|
| <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg. | Ar | p |
|--------------------------------------|----|---|

SAPINDACEAE

| | | |
|--|----|---|
| <i>Neopringlea integrifolia</i> (Hemsl.) S. Watson | Ar | p |
|--|----|---|

SOLANACEAE

| | | |
|---|---|---|
| <i>Chamaesaracha crenata</i> Rydb. | H | a |
| <i>Chamaesaracha coronopus</i> (Dunal) A.Gray | H | a |

Anexo. 1 continuación

| | | |
|-------------------------------|---|-------|
| <i>Datura inoxia</i> Mill. | H | a ó p |
| <i>Solanum carolinense</i> L. | H | p |

STERCULIACEAE

| | | |
|--------------------------------|---|---|
| <i>Ayenia pilosa</i> Cristobal | H | p |
| <i>Hermannia texana</i> A.Gray | H | p |
| <i>Melochia pyramidata</i> L. | H | p |

ULMACEAE

| | | |
|-----------------------------|----|---|
| <i>Celtis pallida</i> Torr. | Ar | p |
|-----------------------------|----|---|

VERBENACEAE

| | | |
|--------------------------------------|----|---|
| <i>Lantana camara</i> L. | Ar | p |
| <i>Lantana macropoda</i> Torr. | Ar | p |
| <i>Lantana achyranthifolia</i> Desf. | H | p |
| <i>Phyla incisa</i> Small | H | p |
| <i>Verbena canescens</i> H.B.K. | H | a |

Forma de vida

A = árbol

Ar = arbustiva

H = herbácea

Longevidad

p = perenne

a = anual

Anexo 2. Abundancia relativa de las especies en la condición suelo con costra.

| ESPECIES | VALOR RELATIVO % |
|---|------------------|
| Morfoespecie 1 | 36.36 |
| <i>Oxalis latifolia</i> H.B.K. | 24.47 |
| <i>Phyla incisa</i> Small. | 24.47 |
| <i>Dichondra brachypoda</i> Woot. & Standl. | 4.19 |
| Morfoespecie 3 | 2.09 |
| <i>Evolvulus alsinoides</i> L. | 2.09 |
| <i>Verbena canescens</i> H.B.K. | 1.39 |
| <i>Euphorbia prostrata</i> Art. | 1.39 |
| Morfoespecie 4 | 0.69 |
| <i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ort. | 0.69 |
| <i>Aristida purpurea</i> Nutt. | 0.69 |
| <i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen | 0.69 |
| Morfoespecie 5 | 0.69 |

Anexo 3. Abundancia relativa de las especies en la condición suelo sin costra.

| ESPECIE | VALOR RELATIVO % |
|---|------------------|
| <i>Phyla incisa</i> Small. | 89.00 |
| Morfoespecie 1 | 3.54 |
| <i>Oxalis latifolia</i> H.B.K. | 2.12 |
| <i>Aristida purpurea</i> Nutt. | 1.77 |
| <i>Evolvulus alsinoides</i> L. | 0.70 |
| <i>Chloris cucullata</i> Bisch. | 0.70 |
| <i>Acacia rigidula</i> Benth. | 0.35 |
| <i>Calypocarpus vialis</i> Less. | 0.35 |
| <i>Euphorbia prostrata</i> Art. | 0.35 |
| <i>Ambrosia confertiflora</i> DC. | 0.35 |
| <i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ort. | 0.35 |
| <i>Dichondra brachypoda</i> Woot. & Standl. | 0.35 |

Anexo 4. Abundancia relativa en el área de referencia.

| ESPECIES | VALORES RELATIVOS % |
|---|---------------------|
| <i>Hedeoma drummondii</i> Benth | 32.99 |
| <i>Oxalis latifolia</i> H.B.K. | 20.38 |
| <i>Calyptocarpus vialis</i> Less. | 19.63 |
| <i>Verbena canescens</i> H.B.K. | 6.01 |
| <i>Evolvulus alsinoides</i> L. | 5.93 |
| <i>Euphorbia prostrata</i> Ait. | 1.67 |
| <i>Tetramerium hispidum</i> Ness. | 1.19 |
| <i>Dichondra brachypoda</i> Woot. & Standl. | 1.16 |
| Morfoespecie 10 | 1.00 |
| <i>Panicum obtusum</i> (Kunth) | 0.85 |
| <i>Cyperus odoratus</i> L. | 0.85 |
| <i>Setaria pumila</i> (Pior.) Roem. & Schult. | 0.83 |
| <i>Acacia rigidula</i> Benth. | 0.66 |
| Morfoespecie 6 | 0.50 |
| <i>Parthenium hysterophorus</i> L. | 0.50 |
| <i>Verbesina microptera</i> DC. | 0.50 |
| <i>Crusea diversifolia</i> (H.B.K.) Anderson. | 0.50 |
| <i>Bouteloua repens</i> (Kunth) Scribn. y Merr. | 0.41 |
| <i>Sida abutilifolia</i> Mill. | 0.41 |
| <i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Gke. | 0.41 |
| Morfoespecie 11 | 0.33 |
| Morfoespecie 12 | 0.33 |
| <i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ort. | 0.33 |
| <i>Phyllanthus polygonoides</i> Spreng. | 0.33 |
| Morfoespecie 1 | 0.25 |
| <i>Euphorbia</i> af. <i>pycnanterma</i> Engelm. | 0.25 |

Anexo 4. Continuación

| | |
|--|------|
| <i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen. | 0.25 |
| <i>Brickellia eupatorioides</i> (L.) Shinnars. | 0.16 |
| <i>Lepidium virginicum</i> L. | 0.16 |
| Morfoespecie 16 | 0.16 |
| <i>Ageratina scordonioides</i> (Rob.) K. & R. | 0.16 |
| <i>Datura inoxia</i> Mill. | 0.08 |
| <i>Chloris ciliata</i> Swartz | 0.08 |
| <i>Chloris cucullata</i> Brisch | 0.08 |
| Morfoespecie 8 | 0.08 |
| Morfoespecie 9 | 0.08 |
| <i>Neopringlea integrifolia</i> (Hemls.) S. Watson | 0.08 |
| Morfoespecie 13 | 0.08 |
| Morfoespecie 14 | 0.08 |
| Morfoespecie 15 | 0.08 |
| Morfoespecie 17 | 0.08 |

Anexo 5. Frecuencia relativa del banco de semillas en la condición suelo con costra.

| ESPECIES | FRECUENCIA RELATIVA % |
|---|-----------------------|
| Morfoespecie 1 | 25.62 |
| <i>Oxalis latifolia</i> H.B.K. | 25.62 |
| <i>Phyla incisa</i> Small. | 11.64 |
| <i>Dichondra brachypoda</i> Woot. & Standl. | 9.30 |
| Morfoespecie 3 | 4.65 |
| <i>Euphorbia prostrata</i> Ait. | 4.65 |
| <i>Verbena canescens</i> H.B.K. | 2.30 |
| <i>Evolvulus alsinoides</i> | 2.30 |
| Morfoespecie 4 | 2.30 |
| <i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ort. | 2.30 |
| <i>Aristida purpurea</i> Nutt. | 2.30 |
| <i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen | 2.30 |
| Morfoespecie 5 | 2.30 |

Anexo 6. Frecuencia relativa del banco de semillas en la condición suelo sin costra.

| ESPECIE | FRECUENCIA RELATIVA % |
|---|-----------------------|
| <i>Phyla incisa</i> Small. | 24.18 |
| Morfoespecie 1 | 17.28 |
| <i>Oxalis latifolia</i> H.B.K. | 13.80 |
| <i>Aristida purpurea</i> Nutt. | 10.37 |
| <i>Evolvulus alsinoides</i> L. | 6.90 |
| <i>Chloris cucullata</i> Bisch. | 6.90 |
| <i>Acacia rigidula</i> Benth. | 3.42 |
| <i>Calypocarpus vialis</i> Less. | 3.42 |
| <i>Euphorbia prostrata</i> Ait. | 3.42 |
| <i>Ambrosia confertiflora</i> DC. | 3.42 |
| <i>Croton ciliatoglandulifer</i> Ort. | 3.42 |
| <i>Dichondra brachypoda</i> Woot. & Standl. | 3.42 |

