

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



**ECOLOGÍA DE COMUNIDADES VEGETALES EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL
EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL, NUEVO LEÓN, MÉXICO.**

Por

ING. ANTONIO CONDE VAZQUEZ

Como requisito parcial para obtener el Grado de

MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES

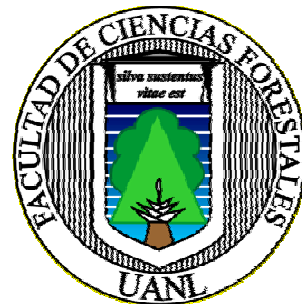
LINARES, NUEVO LEON.

AGOSTO DE 2011



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES**



SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

**ECOLOGÍA DE COMUNIDADES VEGETALES EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL
EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL, NUEVO LEÓN, MÉXICO.**

Comité de tesis:

Eduardo Estrada C.

Dr. Andrés Eduardo Estrada Castellón
Director

César M. Cantú Ayala

Dr. César M. Cantú Ayala
Secretario

José G. Marmolejo Monsiváis

Dr. José G. Marmolejo Monsiváis
Vocal

José A. Villarreal Quintanilla

Dr. José A. Villarreal Quintanilla
Asesor Externo

Linares, Nuevo León

Agosto de 2011

DEDICATORIA

A DIOS. Por darme la oportunidad de vivir, y darme la oportunidad de concluir este objetivo que para mí era uno de los principales anhelos.

A MI PADRE. Al Sr. Nicolás Conde Hernández por darme esa oportunidad de superarme te agradezco los esfuerzos y sacrificios que hiciste por ser parte de mis propósitos.

A MI MADRE. A la Sra. Guadalupe Vázquez Solano (†) aunque fue poco el tiempo que compartimos siempre estuviste conmigo y fuiste mi inspiración para seguir adelante. Todo esto es por ti.

A MIS HERMANOS. Pablo, Por haberme apoyado todo este tiempo, por darme palabras de aliento para seguir adelante y siempre creer en mí. Y a mis demás hermanos Belinda, Chiquis (†), Evelia y José de Jesús. Gracias por su apoyo.

A MIS TIOS. Soco, Juana, Imelda, Flora, Bartolo por haberme apoyado durante toda mi formación profesional.

A MIS ABUELOS. (q.e.p.d.) Felipa y José, siempre estarán conmigo.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el aporte económico brindado para la realización de mis estudios de maestría.

Al Dr. Eduardo Estrada Castellón por ser una parte importante en la conclusión de este estudio de investigación, al aceptarme como tesista, por su apoyo en la toma de Datos de campo, por ser un excelente profesor y un extraordinario amigo.

Al Dr. Cesar Cantu Ayala gracias por formar parte del Comité de la presente tesis y por el apoyo brindado.

Al Dr. José G. Marmolejo Monsivais, por apoyarme en la culminación del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Javier Jiménez Pérez, actual director de la Facultad de Ciencias Forestales por su importante su apoyo en la conclusión de esta tesis profesional.

Al Dr. Oscar A. Aguirre Calderón, Subdirector de Posgrado de la Facultad de Ciencias Forestales, gracias por el apoyo brindado a lo largo de mi estancia en la Facultad.

Al M.C. Rafael Cruz, por su apoyo en la toma de datos de campo, ya que fue una parte importante en la terminación de este trabajo de tesis, sobre todo gracias por tu amistad

A la M.C. Yendi Lumbreras gracias por su amistad y sobre todo por su apoyo brindado a lo largo de mi estancia en la Facultad.

Al Dr. Mario Garcia por su ayuda en la toma de datos de campo.

A todos los Profesores de la Facultad de Ciencias Forestales, gracias por los conocimientos transmitidos y su trato amable.

A todos los compañeros de Licenciatura y Posgrado de la Facultad de Ciencias Forestales, Dinora, Raúl, Gustavo, Romelia.

CONTENIDO

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUCCION.....	6
2. OBJETIVOS.....	8
2.1 General.....	8
2.2 Específicos.....	8
2.3 Hipótesis	8
3. ANTECEDENTES	9
3.1 Diversidad de especies.....	9
4. MATERIALES Y METODOS	11
4.1 Descripción del Área de Estudio	11
4.1.1 Localización.....	11
4.1.2 Fisiografía.....	12
4.1.3 Geología.....	12
4.1.4 Clima.....	13
4.1.5 Precipitación.....	13
4.1.6 Temperatura.....	14
4.1.7 Vegetación y uso del suelo	14
4.1.8 Bosque de <i>Pinus cembroides</i>	14
4.1.9 Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	15
4.1.10 Bosque de <i>Pinus culminicola</i>	15
4.1.11 Pradera alpina.....	16
4.1.12 Pastizal halófito.....	16
4.2 Metodología.....	17
4.2.1 Índices de similitud.....	19
4.2.2 Cobertura	20
4.2.3 Densidad.....	20
4.2.4 Frecuencia	21
4.2.5 Valor de importancia	21
4.3 Suelo.....	22

5. RESULTADOS.....	23
5.1 Sitios de Muestreo.....	23
5.2 Diversidad de especies.....	24
5.3 Clasificación de las comunidades vegetales a través del gradiente altitudinal	28
5.4 Resultados de Análisis de Laboratorio de Suelo. El análisis de suelo se muestra en la Tabla 2.....	33
6. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
6.1 Discusión y conclusiones	36
6.2 Recomendaciones.....	38
7. LITERATURA CITADA	39
8. APÉNDICE	43

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Localización del Área de Estudio</i>	11
<i>Figura 2. Sitios de Muestreo de comunidades de Bosque (Muller Dumbios y Ellenberg, 1974; Bonham, 1981).</i>	17
<i>Figura 3. Sitios de Muestreo de comunidades de Matorral (Mueller Dombois y Ellenberg, 1974; Bonham, 1981).</i>	18
<i>Figura 4. Sitios de Muestreo de Pastizal Halófito.</i>	18
<i>Figura 5. Familias con mayor número de géneros registrados en el área de estudio</i>	25
<i>Figura 6. Géneros con mayor número de especies registrados en el área de estudio.</i>	26
<i>Figura 7. Número de especies registradas en las diferentes cotas altitudinales.</i>	27
<i>Figura 8. Clasificación de las comunidades vegetales mediante Cluster Analysis</i>	29

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Coordenadas UTM de los sitio de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal.</i>	23
<i>Tabla 2. Resultados del Análisis de Suelo</i>	33

RESUMEN

Para desarrollar políticas de manejo y conservación de recursos naturales se requiere del monitoreo de los ecosistemas en particular la vegetación como componente esencial. Se estudio la diversidad estructural a través de los índices de similitud para ordenar y clasificar la vegetación mediante técnicas multivariadas (Clúster Analysis) para los diferentes ecosistemas de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México.

Para el análisis se establecieron 34 sitios de muestreo sobre un gradiente altitudinal, en los cuales se evaluaron todas las especies recabando información dasométrica como altura ($h > 0.50\text{m}$), diámetro ($D < 1.30\text{m}$) y cobertura de copa (Cr), así como también variables físicas y ambientales fisiografía, exposición, profundidad del suelo, pendiente, contenido de materia orgánica,

Se determinaron los parámetros ecológicos de abundancia (Ab), dominancia (Dr), frecuencia (Fr) e índice de valor de importancia (VI). Se registraron 32 familias, distribuidas en 69 géneros y 105 especies de plantas vasculares; las familias más representadas fueron Asteraceae, Rosaceae y Leguminosae.

De acuerdo a la clasificación de las comunidades vegetales se reconocen 7 asociaciones a través del gradiente altitudinal.

ABSTRACT

Ecosystem monitoring, particularly the vegetation as core component is necessary to develop natural resources conservation and management. Structural diversity by means of similarity indexes and cluster analysis was used to classify the vegetation of different ecosystems of the Sierra Madre Oriental at Nuevo Leon, México.

For the analysis, 34 sites were sampled along an altitudinal gradient, in all sites variables evaluated were size, diameter (D 1.30m), and canopy cover, dominance (Dr), frequency (Fr), as well as physical variables such as physiography, soil depth, and aspect.

We recorded 32 families, 69 genera, and 105 species of vascular plants; the families best represented are Asteraceae, Rosaceae and Leguminosae.

According to plant communities classification, seven associations are recognized along the altitudinal gradient.

1. INTRODUCCION.

En las áreas serranas y montañosas, los cambios en la distribución de las especies de plantas vasculares pueden asociarse a la heterogeneidad ambiental inducida por el relieve (Cabrera 1976; Cavagnaro, 1988; Ezcurra *et al* 1999). Los patrones de vegetación que se observan típicamente a lo largo de los gradientes altitudinales, son el resultado de complejas interacciones entre los factores como la elevación, el grado de exposición a la radiación solar y la posición en el relieve, entre otros (Whittaker *et al.*, 1967). Tanto la elevación como la exposición de las laderas juega un papel importante como determinantes de las condiciones microclimáticas a lo largo de estos gradientes.

Mientras tanto, los cambios en el relieve afectan propiedades edáficas tales como la profundidad y desarrollo del perfil, el contenido de materia orgánica, el pH y la humedad (Archer, 1984; Burke *et al.*, 1999; Burke, 2003). Las especies vegetales responden a las variaciones en las condiciones ambientales produciéndose, en consecuencia, cambios significativos en la composición y estructura de las comunidades.

Los bienes y servicios esenciales de nuestro planeta dependen de la variedad y la variabilidad de los genes, las especies, las poblaciones y los ecosistemas (ONU, 1992). La diversidad es un factor esencial para mantener funcionando los ecosistemas forestales y esto hace que la conservación y gestión de la diversidad biológica sean aspectos importantes en la planificación forestal (FAO, 1999).

En el mundo las regiones más uniformes y extensamente modificadas por las actividades humanas son las regiones templadas, la colonización y desarrollo en estas regiones productivas y hospitalarias tienen una larga historia con un impacto

dramático sobre la diversidad biológica a todos los niveles de integración ecológica; ecosistemas, comunidades, especies y poblaciones (Norton, 1996).

La importancia del uso de las técnicas de análisis multivariados en los estudios sin ecológicos consiste en que permiten detectar los factores ambientales responsables del cambio en la estructura y distribución de la vegetación (Austin, 1987; Sardinero, 2000; Palmer, 2003).

Las zonas de transición climática ofrecen un atractivo particular para los análisis biogeográficos (Morla & Pineda 1985), esto porque el traslape entre distintos tipos climáticos crea gradientes ambientales que repercuten en la flora y que pueden ser analizados considerando la riqueza, composición, recambio y diversidad de especies, pudiendo relacionarlos a su vez con factores ambientales (Blasi *et al.*, 1999).

Por otro lado, la diversidad de especies ha sido tradicionalmente la forma más empleada para valorar los ecosistemas, tanto desde el punto de la conservación como en referencia al estudio de su funcionamiento, sobre todo porque son fácilmente identificables, y pueden ser contadas o valoradas.

En esta investigación se plantea contribuir al conocimiento tanto descriptivo como funcional de los diferentes ecosistemas del Estado de Nuevo León, estudiando como varía una propiedad fundamental de las comunidades, en este caso del estrato arbóreo y arbustivo; así como también, generar una mayor información de las especies existentes.

2. OBJETIVOS.

2.1 General.

Realizar la clasificación cuantitativa de las comunidades vegetales en la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental y Altiplano Mexicano en el Estado de Nuevo León, México.

2.2 Específicos.

- Determinar las similitudes ecológicas de las diferentes asociaciones vegetales.
- Recomendar con el estudio, las comunidades en riesgo, para proyectos de conservación y manejo sustentable.

2.3 Hipótesis

Las condiciones de temperatura, fisiografía (altitud) y suelo condicionan la presencia de diferentes asociaciones vegetales.

3. ANTECEDENTES

3.1 Diversidad de especies

Peet (1974) resalta que la riqueza de especies y la equitatividad (homogeneidad) son conceptos que determinan la importancia de las especies. Pickett (1978) sostuvo que la energía del sistema de un ecosistema cambia desde la producción hasta el mantenimiento, a través de la sucesión se incrementan las complejidades estructurales, composición y la diversidad. Resalta también que a través de la sucesión el ciclo de nutrientes se estrecha y disminuye y por lo tanto aumenta la autorregulación del sistema.

Alatalo (1977) recomendó análisis multivariados en el estudio de la diversidad, ya que esta herramienta muestra la estructura de grupos de especies. Miline y Forman (1986) describieron la diversidad de especies forestales en diferentes gradientes de Maine, USA, utilizando el índice de Simpson, mostrando que la riqueza de especies cambia significativamente en los gradientes altitudinales.

Los pastizales halófitos (o zacatales, Rzedowski, 1966, 1978) poseen asociaciones vegetales y composición de suelos que no se encuentran en otra comunidad vegetal de México (Rzedowski, 1978), es la única comunidad donde habita el perro de las praderas y alberga diversas especies endémicas.

El Cerro el Potosí ha sido objeto de diversos estudios por sus características típicas de altitud y el endemismo existente, Müller (1937) en sus análisis de vegetación y clima del noreste de México menciona que las zonas de mayor altitud están cubiertas por un bosque subalpino (*Pinus montezumae*, *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga mucronata*), y que representan un equivalente latitudinal límite de

vegetación arbórea y una pradera alpina a los 3,800 msnm en el cerro El Potosí. Posteriormente se denominó el clima de la zona como alpino encontrando en ella una Pradera Alpina con elementos arrosetados y un bosque bajo de pinos, Müller (1939), el cual se describió como una nueva especie de pino, *Pinus culminicola* Beaman & Andersen, además de caracterizar la flora de la cima del Cerro como propia y diferente de otras praderas alpinas en el país, (Andersen y Beaman 1961 y 1966).

Rzedowski (1981) hace referencia a la zona, describiendo como un matorral de *Pinus culminicola* de la cual solo se conoce un estrecho cinturón entre los 3450 y 3650m, intercalándose entre el bosque de *Pinus hartwegii* y la pradera alpina en un área de aproximadamente de 0.5 km².

El Estado de Nuevo León presenta tres provincias fisiográficas que denotan ecosistemas diversos en los cuales inciden una serie de estudios florísticos que varían en criterios para definir y delimitar aproximadamente un patrón espacial para algunas comunidades florísticas presentes bajo un criterio unificador, tal es el caso de Muller (1939), Rojas Mendoza (1965), COTECOCA (1973) y Rzedowski (1983).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Descripción del Área de Estudio

4.1.1 Localización

La presente investigación se realizó en el Estado de Nuevo León, México. En las coordenadas geográficas extremas: Al norte 27°49' y al sur 23°11', al este 98°26' y al oeste 101°14' de longitud oeste. INEGI Marco Geoestadístico, (1995, Inédito). (Figura 1)

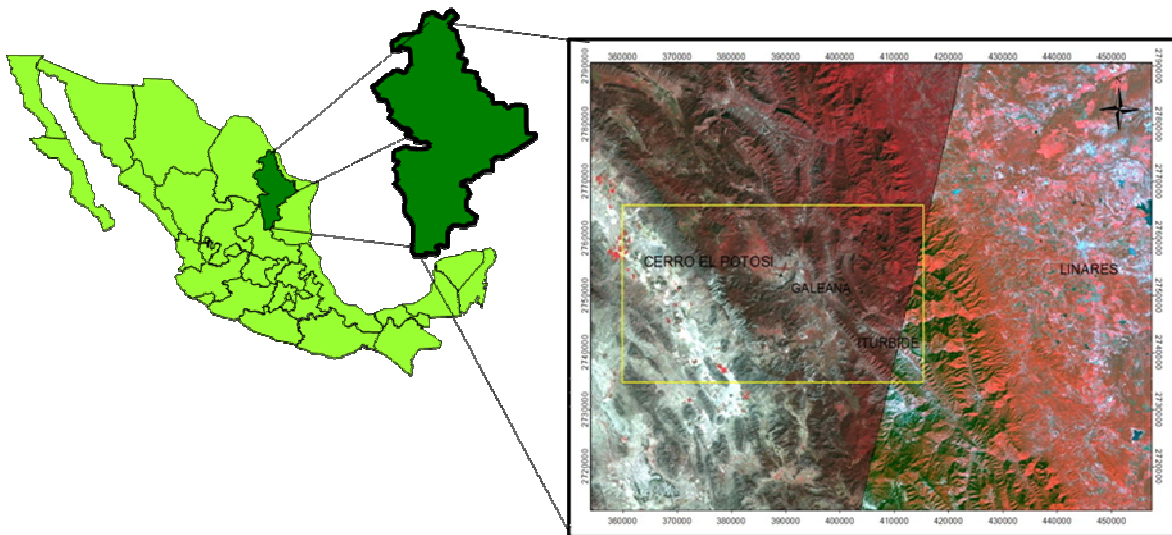


Figura 1. Localización del Área de Estudio

La Sierra Madre Oriental presenta terrenos muy accidentados en forma de sierras paralelas que inician en la parte central de Nuevo León y corren en dirección nor-noreste hacia el sur-sureste, hasta el centro de Puebla y Veracruz, donde se une con el Eje Volcánico transversal. (Rzedowski, 1978). La vegetación

predominante en la S.M.O, son los bosques de pino (*Pinus-Juniperus*), bosques de otras coníferas (*Pinus-Pseudotsuga-Abies*), bosques de pino-encino (*Pinus* y/o *Quercus*), bosques de encino (*Quercus*), bosques de niebla (bosques mesófilo de montaña) y matorral submontano (*Acacia-Pithecellobium-Heliopsis*) (Alanis *et al*, 1996)

4.1.2 Fisiografía

En la clasificación del INEGI (1986) el Cerro del Potosí queda comprendido dentro de la provincia fisiográfica denominada Sierra Madre Oriental, que en la parte Sur del Estado alcanza una extensión de 170 km de largo y anchura de 60 km con dirección NNW a SSE. Hacia el Oeste (W) del Cerro El Potosí se extiende la provincia fisiográfica denominada Altiplanicie Mexicana. Las características climáticas de la altiplanicie se reflejan en el tipo de vegetación de la ladera W del Cerro, donde predominan comunidades con condiciones semiáridas en contraste con la del Este (E) .

4.1.3 Geología

Kellum (1944), citado por Müllerried (1945), considera que la parte sur de Nuevo León estuvo cubierta por mar hasta finales del Paleozoico, cuando probablemente por cambios orogénicos los terrenos se levantaron.

En el Jurasico Superior el mar volvió a cubrir el área, Müllerried menciona que esta situación persistió durante el Jurasico Superior, Cretácico Inferior y Cretácico Medio y que tal vez hasta el Cretácico Superior el agua comenzó a retirarse hacia el Este, al iniciarse los fuertes movimientos orogénicos del ese periodo.

A principios del Cenozoico la tierra firme recién emergida sufrió fuertes movimientos tectónicos que produjeron grandes pliegues y fallamientos que se

manifestaron en la Sierra Madre Oriental y comenzó el trabajo geológico de erosión y sedimentación continua hasta la fecha.

4.1.4 Clima

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García E. (1973), al área de estudio corresponde el clima de tipo E(T) H(e) que representa las siguientes características: frío con temperatura media del mes más caliente menor a 10°C; se le ubica como clima de tundra, de acuerdo a su temperatura, aunque el termino no es válido por estar en latitudes inferiores. Se presenta en altitudes por encima de los 1500 msnm y se le considera extremoso por la oscilación de temperatura entre los 7 °C y 14 °C

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1973), en la región está representada por 1 grupo climático, mismos que se dividen en subgrupos, tipos y subtipos.

Es el grupo de climas templados húmedos:

Cx: Templado subhúmedo con lluvias todo el año.

C(w0): Es el más seco de los templados subhúmedos con lluvias en verano.

(A)C: Subgrupo semicálido.

Sus literales son: (A)C (w0), (A)C (w2)

4.1.5 Precipitación

La precipitación anual promedio varía entre 600 y 1,200 mm distribuida a lo largo de seis a siete meses del año (Rzedowski 1978).

4.1.6 Temperatura

Con base en un período de análisis determinado de 30 años, de 1958-1998 para la temperatura y el método de los “polígonos de Thissen” se obtuvo un valor de temperatura media anual de 21.6 °C. En la zona de Sierra Madre Oriental se presentan temperaturas menores, del orden de los 14 °C, (Návar, 1994)

4.1.7 Vegetación y uso del suelo

Siguiendo los criterios de García-Arévalo (1989) y García-Arana (1996), en el área se reportan los siguientes tipos de vegetación:

4.1.8 Bosque de *Pinus cembroides*

En cuanto a la fisionomía de esta comunidad y/o tipo de vegetación las características que presenta son: plantas arbóreas de 4 a 6 metros de altura, de hoja acicular, fruto en forma de piña o estróbilo con escamas algo prominentes y con fuerte olor a resina, el fuste es recto y su ramificación es de la parte media hacia arriba en forma redondeada. Esta comunidad se presenta en manchones irregulares donde se asocia a especies de matorral, Chaparrales. En alguna época climáticamente se presenta según García (1981), en un clima seco cálido con una temperatura media anual sobre los 22°C, a la vez una temperatura media anual del mes más frío sobre los 12-18 °C y una temperatura media anual del mes más caliente sobre los 18 °C, una precipitación pluvial total anual de 680 mm; altitudinalmente se presenta desde los 2,200 a los 2,500 m determinada por exposiciones más húmedas debido a elevaciones irregulares del terreno como pequeñas cañadas con exposición este, sureste y noreste.

Las principales especies que la caracterizan son *Agave* sp, *Arbutus xalapensis*, *Berberis trifoliolata*, *Cowania plicata*, *Pinus cembroides*, *Quercus* spp, *Rhus virens* y *Acacia* sp.

4.1.9 Bosque de *Pinus hartwegii*

Esta comunidad vegetal se caracteriza por estar formada por plantas arbóreas de 4 a 20 m de hoja acicular y fruto en forma de piña o estróbilo con fuerte olor a resina, esta comunidad se presenta en manchones irregulares donde se asocia de disturbio, áreas abiertas, sobrepastoreadas o incendiadas en alguna época. En áreas donde la vegetación se presenta sin estas características mencionadas, su cobertura impide el desarrollo de otras plantas la presencia de plantas arbustivas y arbóreas dentro del área de distribución de esta comunidad vegetal como son los *Arbutus xalapensis*, *Pinus culminicola*, y *Pseudotsuga menziesii*; indican áreas de transición entre los diferentes tipos determinada por las exposiciones más húmedas debido a las elevaciones. Altitudinalmente se localiza entre los 2,900 hasta los 3,000 m, las principales especies que la caracterizan son: *Lupinus cacuminus*, *Euphorbia furcillata*, *Senecio coahuilensis*, *Pestemon leonensis*, *Grindelia inuloides*, *Hymenoxys insignis*, *Salvia* sp, y *Pinus culminicola*,

4.1.10 Bosque de *Pinus culminicola*

Esta comunidad vegetal y/o tipo de vegetación se caracteriza por estar formado fisonómicamente por plantas ramificadas desde la base con una altura de 2 a 5 m, con hoja acicular o en forma de aguja y con fruto en forma de piña o estróbilo con un fuerte olor a resina. Climáticamente esta comunidad se presenta en los climas según E. Garcia (1973) como templados con verano fresco, con una temperatura media anual entre los 12 y 18 °C, con una temperatura media del mes

más frío entre los -3 y 18 °C y la del mes más caliente entre los 6.5 y 22 °C. Altitudinalmente se presenta entre los 3,100 a los 3,650 m.

Las principales especies que la caracterizan son: *Pinus culminicola*, *Lupinus cacumis*, *Penstemon leonensis*, *Pinus hartwegii*, *Euphorbia furcillata*, *Senecio coahuilensis*, *Grindelia inuloides*, *Salvia* sp, *Hymenoxys insignis*.

4.1.11 Pradera alpina

Esta comunidad vegetal y/o tipo de vegetación se caracteriza por estar formado con plantas bajas (10-50 cm) de hoja mediana simple o compuesta, de textura suave y pubescente asociadas con plantas de hoja lanceolada y nervadura paralela. Así como también con hoja acicular o en forma de aguja y con fruto en forma de piña o estróbilo, climáticamente pertenece a los climas fríos descritos por E. Garcia (1973), con una temperatura media anual entre los -2 a 5°C, con una temperatura media del mes más frío bajo 0 °C y la del mes más caliente entre 0 y 6.5 °C. Altitudinalmente se presenta de los 3,600 a los 3,715m. Las principales especies que lo caracterizan son: *Lupinus cacumis*, *Senecio* sp, *Hymenoxys insignis*, *Euphorbia furcillata*, *Grindelia inuloides*, *Pinus culminicola* y *Juniperus monticola*.

4.1.12 Pastizal halófito

La fisonomía de las áreas de pastizal es la de una vegetación baja, con altura promedio de 10-40 (-60) cm, circundados por matorral xerófilo (1,550-1,800 m) o bosques de pino o escuamifolios (1,950 m o mayor altitud). En este pastizal son dominantes 3 gramíneas: *Muhlenbergia villiflora* var. *villiflora*, *Scleropogon brevifolius* y *Bouteloua dactyloides* (antes *Büchloe dactyloides* (Columbus, 1999; Bell y Columbus, 2008; Herrera et al., 2008), con varias especies asociadas de los géneros *Atriplex*, *Suaeda*, *Bouteloua*, *Acacia* y *Koeberlinia spinosa*.

4.2 Metodología

Para describir la respuesta de las especies conforme cambia el gradiente altitudinal, se hizo mediante muestreos en gradientes altitudinales cada 100 msnm pasando por diversas comunidades vegetales tales como: matorral xerófilo, bosque escuamifolio, bosque de encino-pino, bosque de otras coníferas (*Picea*, *Pseudotsuga*, *Abies*), bosque de coníferas (*Pinus*), chaparral, pastizales halófitos y vegetación subalpina.

Con ayuda de cartas de vegetación, cartas topográficas, Imágenes de satélite (Landsat ETM), modelo digital de elevación (MDE) y sistemas de información geográfica (SIG), se ubicaron los sitios de muestreo, cada sitio está representado por 5 repeticiones, cada sitio tiene una superficie de 400 m² (20 m x 20 m) para comunidades de bosques (*Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Pseudotsuga*) como se muestra en la figura 2, mientras que para comunidades de matorral (xerófilo, micrófilo, chaparral e izotal) cada sitio tiene una superficie de 100 m² (10 m x 10 m) con las mismas repeticiones (Figura 3), la separación entre sitios es del ancho de cada sitio, cada uno de los sitios fue georeferenciado, mientras que para las comunidades de pastizal halófito se hizo un transecto de 100 m, en el cual a cada 10 m de separación se establecieron dos sitios de 1 m² (Figura 4) donde se cuantificó solo los porcentajes de cobertura de las diferentes especies. En cada sitio de muestreo se colectó material botánico para su identificación.

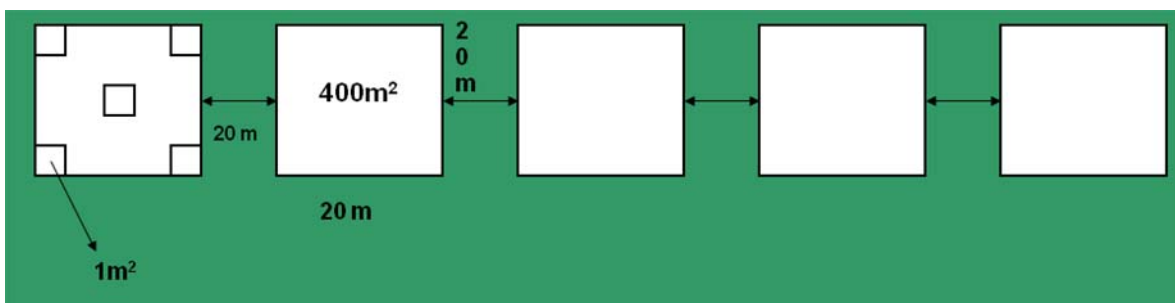


Figura 2. Sitios de Muestreo de comunidades de Bosque (Muller Dumbios y Ellenberg, 1974; Bonham, 1981).

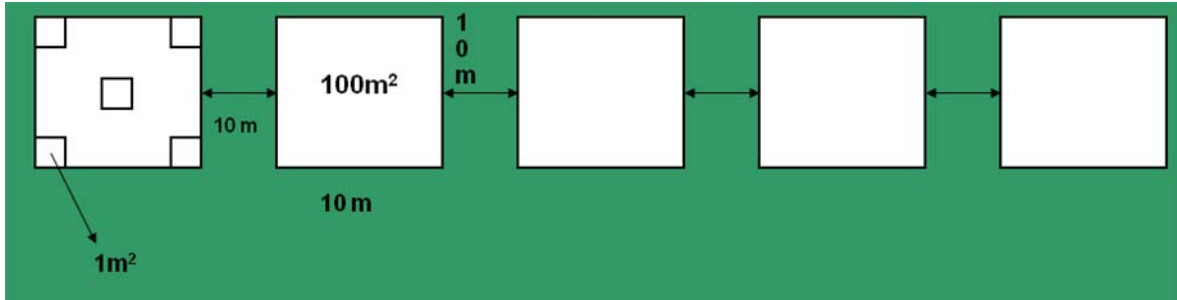


Figura 3. Sitios de Muestreo de comunidades de Matorral (Mueller Dombois y Ellenberg, 1974; Bonham, 1981).

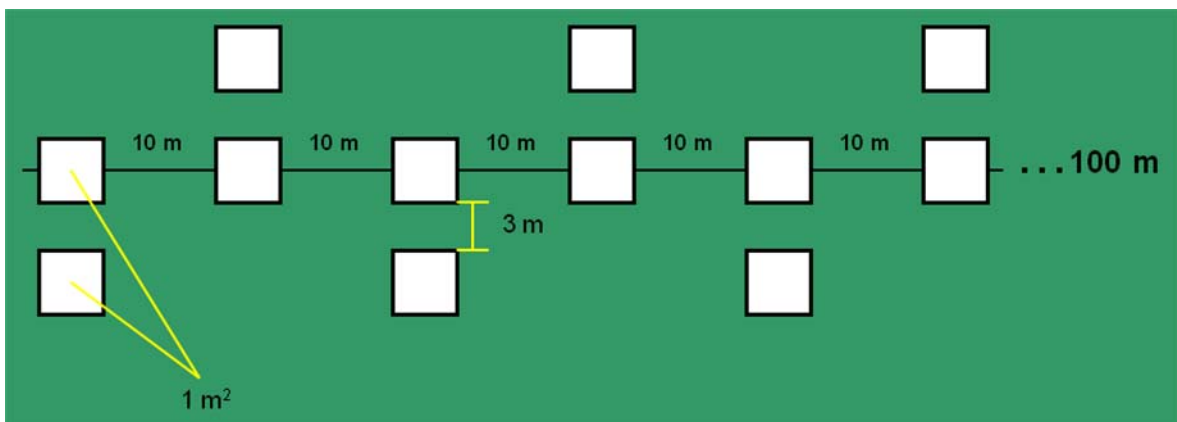


Figura 4. Sitios de Muestreo de Pastizal Halófito.

En cada sitio de muestreo se tomó información de variables ambientales: profundidad de suelo, pendiente, exposición, fisiografía. En cada sitio se colectó muestras de suelo para su análisis donde se analizó el pH, textura (arena, arcilla y limo), contenido de materia orgánica. Las variables bióticas que se cuantificaron son: cobertura (total y relativa), densidad (total y relativa), frecuencia (total y relativa), altura de la vegetación y diversidad.

Dentro de cada sitio de 400 m^2 y 100 m^2 se cuantificó información relativa a porcentaje de roca, suelo desnudo, hojarasca, gravas y piedras, porcentaje de gramíneas, herbáceas y tamaño de materia orgánica, por medio de 5 cuadros de 1 m^2 . Que es la metodología que se ocupó en el inventario nacional forestal 2004-2006

Toda la información se analizó mediante estadísticas multivariadas utilizando el Análisis de conglomerados (Cluster Analysis) (Gauch, 1982; Manly 1992), este método nos permite clasificar y ordenar la vegetación desde un punto de vista de análisis de gradiente indirecto. Para aplicar este análisis se utilizó el programa Multi-Variate Statistical Package Version 3.13m Copyright © 1985-2004 Kovach Computing Services.

4.2.1 Índices de similitud.

Se utilizó el Índice de similitud de Sorensen (Gauch, 1982), mediante la técnica jerárquica politética aglomerativa (Manly, 1992), mediante el método de Ward (1964) o varianza mínima para la conformación de dendrogramas.

La ecuación del índice de similitud es.

El coeficiente de similitud de Sorensen es el siguiente:

$$I_s = \frac{2c}{a+b} \quad [2]$$

Donde:

a = es el número de especies presentes en el sitio A.

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

Se trabajó en lo referente al valor de importancia de las especies mediante la densidad, cobertura y frecuencia con la metodología propuesta por Franco (1996) la cual es la siguiente:

4.2.2 Cobertura

La proyección vertical de la vegetación sobre el suelo.

Cobertura relativa. Es la dominancia de una especie, referida a la dominancia de todas las especies.

Reportada por Franco (1996) como:

$$Cr = \frac{Cri}{CrT} * 100$$

Donde:

Cri= Cobertura de la especie i.

CrT= Cobertura de todas las especies

4.2.3 Densidad

Es el número de individuos de una especie por unidad de área o volumen.
Densidad Relativa. Es la densidad de una especie referida a la densidad de todas las especies del área.

La densidad relativa reportada por Franco (1996) se describe como:

$$Dr = \frac{NAi}{NAT} * 100$$

Donde:

NAi= Número de individuos de la especie i.

NAT= Número total de individuos de las especies presentes

4.2.4 Frecuencia

Es el número de muestras en la que se encuentra una especie.

Frecuencia relativa. Es la frecuencia de una especie referida a la frecuencia total de todas las especies

La frecuencia según Franco (1996) es:

$$Fr = \frac{Fri}{Ft} * 100$$

Donde:

Fri= Número de sitios de muestreo en que aparece una especie

Ft= Número total de sitios de muestreo

4.2.5 Valor de importancia

Es la suma de los valores relativos de densidad, cobertura y frecuencia, proporciona información de la influencia de dicha especie dentro de la comunidad.

Franco (1996) describe fórmulas para estimar el valor de importancia de las especies, mediante los parámetros ecológicos de densidad, dominancia y frecuencia.

Franco (1996) la definen como:

Valor de importancia (V.I.) = Densidad relativa + Dominancia relativa + Frecuencia relativa.

4.3 Suelo

En lo correspondiente a las muestras de suelo estas fueron tomadas en el centro de cada sitio de muestreo a los 30 cm de profundidad, las muestras de suelo se colocaron en bolsas de polietileno previamente etiquetadas y estas fueron llevadas al Laboratorio de Suelos y Nutrición Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL. Donde se obtendrá el porcentaje de materia orgánica, arena, limo, arcilla, pH.

5. RESULTADOS

5.1 Sitios de Muestreo

El resultado de los sitios de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal, consta de Los 34 sitios de muestreo se muestran en la Tabla 1, se presentan las coordenadas UTM.

Tabla 1. Coordenadas UTM de los sitio de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal.

	Cota	X	Y		Cota	X	Y		Cota	X	Y		
1	2070	380395	2752529	13	3260	376592	2751705	24	2420	368555	2751670		
		380388	2752510			376607	2751737			368523	2751664		
		380400	2752542			376613	2751795			368516	2751638		
2	2170	379800	2752380			14	3340	376649	2751819	25	2520	369299	2751096
		379781	2752382					376662	2751845			369306	2751124
		379766	2752383					376529	2752106			369315	2751098
3	2260	379236	2752517			15	3430	376519	2752080	26	2620	371026	2750466
		379254	2752514					376499	2752034			370988	2750480
		379240	2752503					376503	2751997			370972	2750491
4	2390	378448	2753491	16	3580	376504	2751958	27	2700	370873	2753206		
		378440	2753508			376171	2752163			370860	2753223		
		378437	2753528			376185	2752191			370847	2753230		
5	2470	377703	2754258	17	3700	376230	2752241	28	2850	373206	2754406		
		377703	2754258			376262	2752250			373188	2754404		
		377724	2754196			376302	2752272			373300	2753310		
6	2590	377322	2754088	18	1880	375784	2750225	29	2950	373284	2753295		
		377329	2754070			375786	2750188			373269	2753314		
		377315	2754050			375782	2750158			373628	2752919		
7	2670	377769	2753300	19	1930	375827	2750258	30	3050	373633	2752889		
		377779	2753289			375539	2751032			373570	2752275		
		377753	2753308			375532	2751017			373553	2752259		
8	2770	377121	2753517	20	1940	375525	2750995	31	3200	373589	2752261		
		377145	2753507			375522	2750962			374817	2749507		
		377115	2753462			366199	2738881			374826	2749476		
9	2880	377615	2752774	32	3300	365285	2736773	33	3400	374810	2749540		
		377580	2752778			365289	2736793			375180	2749478		
		377592	2752718			365275	2736754			375223	2749451		
10	2990	376922	2752865			364608	2736400			375240	2749416		

	Cota	X	Y		Cota	X	Y		Cota	X	Y
		376883	2752874			364589	2736406	34	3550	375351	2749869
		376858	2752877			364575	2736415			375321	2749934
11	3060	376069	2753260	21	1950	367176	2749539			375292	2749964
		376115	2753232			367199	2749563				
		376149	2753213			367174	2749569				
		376031	2753283			367051	2752791				
		376038	2753320			22	2150	367037	2752799		
376971	2752037	367034	2752769								
12	3170	376950	2752064	23	2320	367777	2552176				
		376965	2752124			367789	2752167				
		376956	2752159								
		376965	2752197								

5.2 Diversidad de especies

De acuerdo con los muestreos en los 34 gradientes altitudinales, se registró un total de 104 especies englobadas, 67 géneros y 33 familias de plantas vasculares. Las familias con mayor número de géneros son Asteraceae, Rosaceae y Leguminose (Figura 5).

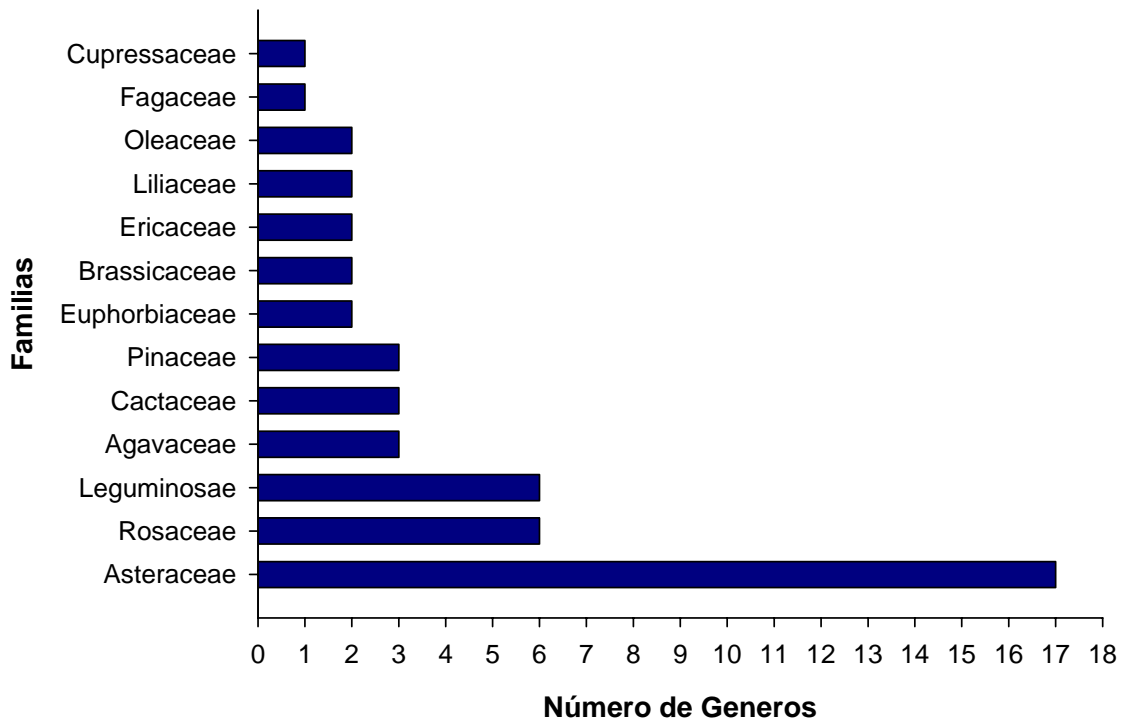


Figura 5. Familias con mayor número de géneros registrados en el área de estudio

La familia de la Astereceae es la que presenta mayor número de géneros con 17, y estando presente en 27 cotas altitudinales, la Familia Rosaceae presenta 6 géneros con una registrándose en 7 cotas altitudinales. Seguidas de las Leguminose con 6 géneros y registrándose en 15 cotas altitudinales, mientras que las familias Agavaceae, Cactaceae, Pinaceae presentan 3 géneros, y las que presentan 2 géneros son Euphorbiaceae, Brassicaceae, Ericaceae, Leguminosae, Liliaceae, Oleaceae, y las 21 familias restantes presentan un solo género.

Los géneros con mayor número de especies registradas son *Quercus*, *Agave* y *Opuntia* (Figura 6)

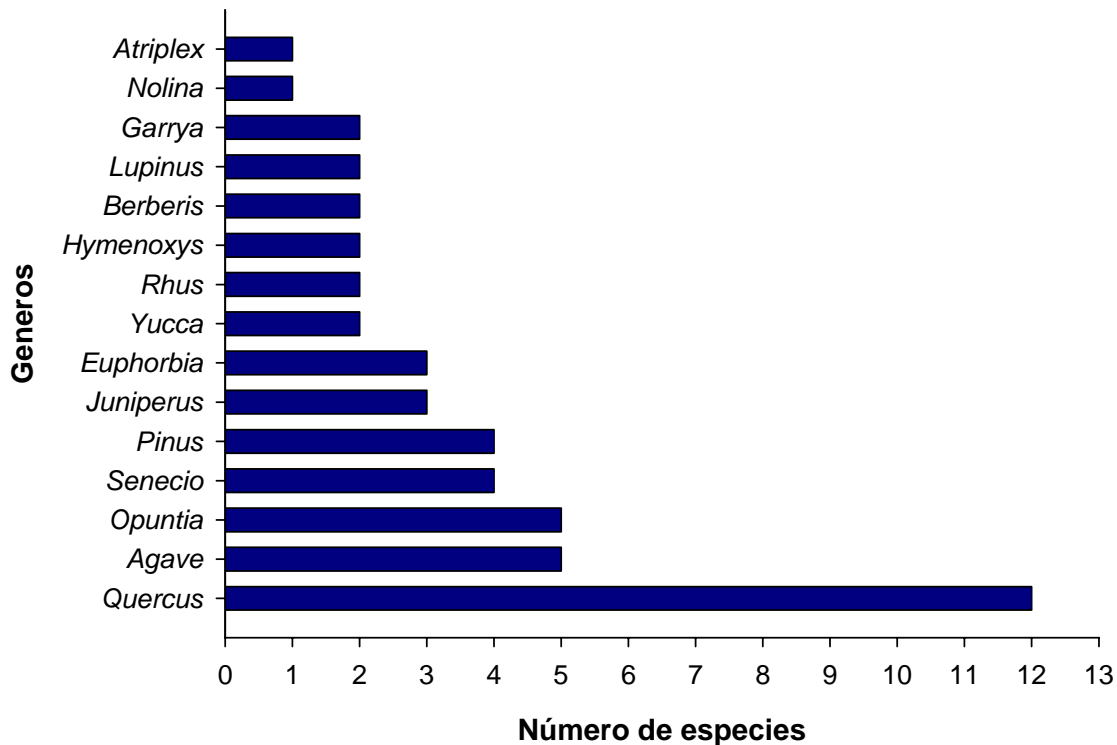


Figura 6. Géneros con mayor número de especies registrados en el área de estudio.

En la figura anterior se observa que existe una gran diversidad de especies del género *Quercus*, 12, mismas que fueron registradas en 17 de las cotas altitudinales, en rangos de altura que va desde los 2,070 hasta los 3,300 m.s.n.m. Se registraron 5 especies de *Agave*, distribuidas en 13 cotas altitudinales, igualmente, el género *Opuntia* presenta 5 especies, distribuidas en 7 cotas altitudinales. En relación a los géneros *Senecio* y *Pinus*, ambos registran 4 especies, *Juniperus* y *Euphorbia* presentan 3 especies y mientras que los géneros *Yucca*, *Rhus*, *Hymenoxys*, *Berberis*, *Lupinus* y *Garrya* presentan dos especies, los 56 géneros restantes presentan solo una especie a lo largo del gradiente altitudinal.

El mayor número de especies se registró en las cotas altitudinales de 2,420 m, 2,150 m y 2,170 m (Figura 7).

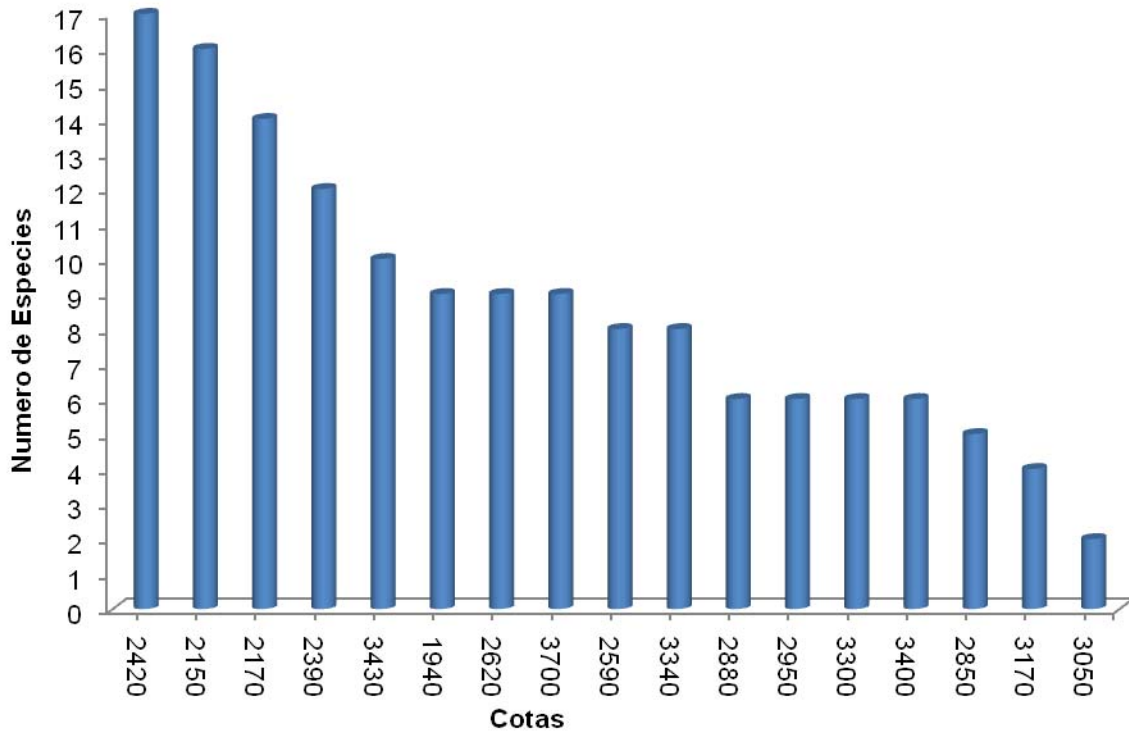


Figura 7. Número de especies registradas en las diferentes cotas altitudinales.

La variación de especies varía entre los rangos de 2 hasta 17 a lo largo de las 34 cotas altitudinales. En las cuales la cota de 2,420 m es la que más destaca por registrarse una alta diversidad de especies (17), comprende áreas de matorral xerófilo donde las principales especies registradas son: *Agave lecheguilla*, *Agave striata*, *Echinocactus platyacanthus*, *Ferocactus pilosus*, *Ephedra antisiphilitica*, *Jatropha dioica* y *Opuntia rastrera*, entre las más frecuentes. En la cotas 2,150 y 2,320 m, también corresponde a vegetación de tipo matorral, presenta una gran similitud de especies que la cota anterior, en la cual podemos mencionar que son comunidades vegetales similares o transiciones una de otra. La cota de los 2,170 m representa comunidades del bosque de pino, en la cual predominan las especies *Pinus cembroides*, *Juniperus deppeana*, *Arbutus xalapensis*, *Quercus sideroxylla*, *Q. galeanensis*, *Rhus virens*, *Acacia parvifolia*, entre las más importantes. En los 1,930 m se registraron 13 especies distribuidas en 11 géneros.

5.3 Clasificación de las comunidades vegetales a través del gradiente altitudinal

Para la obtención del dendrograma se utilizó la base de datos de las especies presentes a lo largo del gradiente altitudinal con un porcentaje de 4% o mayor de cobertura, en donde se analizó 62 especies vegetales y 34 cotas altitudinales, resultando siete asociaciones vegetales a través del gradiente altitudinal como se muestra en Figura 8.

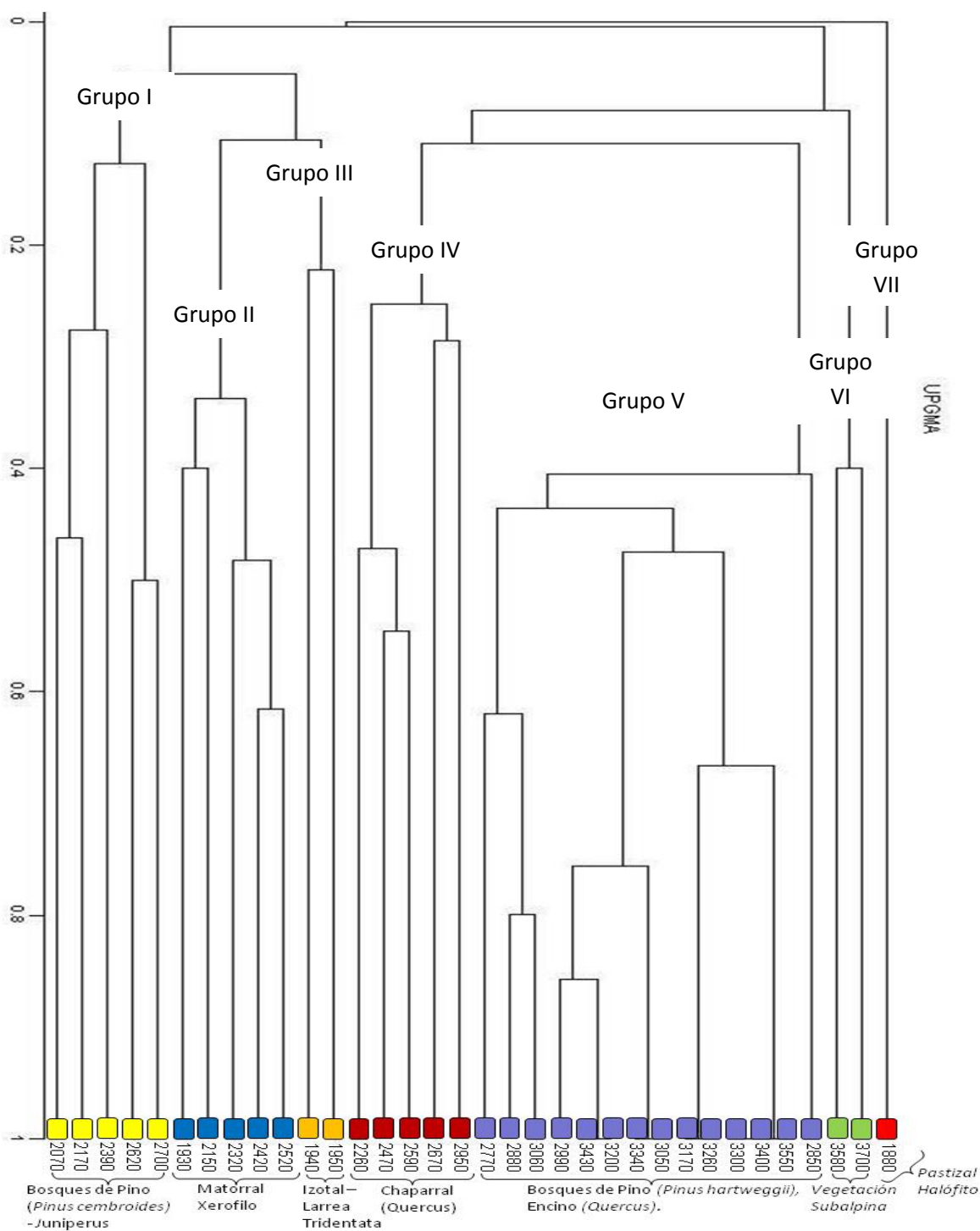


Figura 8. Clasificación de las comunidades vegetales mediante Cluster Analysis

Grupo I.

Las asociaciones de Bosque de Pino son las más frecuentes en la Sierra Madre Oriental, en especial la de *Pinus cembroides* con *Juniperus* en las partes semiáridas del centro y sur del estado, estas especies que se distribuyen a lo largo de la Sierra Madre Oriental, en nuestro caso, entre las alturas que varían desde los 2,070 hasta los 2,700 msnm, las principales especies de este grupo de acuerdo con su densidad y cobertura son: *Pinus cembroides*, *Juniperus monosperma*, *Rhus virens*, *Berberis trifoliolata*, *Lindleya mespiloides*, *Cercocarpus fothergilloides*, *Gymnosperma glutinosum*, también cabe señalar que en esta asociación se encontraron *Yucca carnerosana* y *Dasyllirion texanum*.

Grupo II.

Este grupo está compuesto por 5 cotas altitudinales que van desde los 1,930 m hasta 2,520 m, fusionado en conjunto a un coeficiente de similitud de 30%, este grupo los dominan especies de tipo matorral destacando por sus valores de densidad: *Agave lecheguilla*, *Agave striata*, *Echinocactus platyacanthus*, *Opuntia rastrera*, *Mortonia palmeri*, *Dasyllirion texanum*, *Ferocactus pilosus*, *Ephedra antysiphilityca* y *Viguiera dentata*. Especies típicas del matorral xerófilo que se distribuyen en áreas donde las precipitaciones son escasas, por lo que las especies, en este grupo, *Agave lecheguilla* presenta coberturas del 58%, mientras que *Agave striata* presenta coberturas de 25%, ambas especies juegan un papel importante en la clasificación de este tipo de vegetación. Cabe señalar que por su distribución, también se encuentra presente *Pinus cembroides* en una baja densidad y cobertura por que se encuentra en una zona de transición.

Grupo III.

Aquí se encuentran asociadas dos cotas altitudinales 1,940 y 1,950 m, fusionadas a un coeficiente de similitud de 22%, en este grupo predominan especies de matorral micrófilo y matorral rosetófilo con un predominio marcado por *Larrea tridentata* con coberturas que alcanzan valores de 49% y *Yucca filifera* 16%, ambas especies dominan esta comunidad por su alta densidad y cobertura, donde se les asocian *Opuntia engelmanni*, *Opuntia imbricata*, *Opuntia leptocaulis*, *Parthenium incanum* y *Jatropha dioica*, que presentan cobertura que oscilan entre los rangos desde 4 a 10%.

Grupo IV.

En este grupo se encuentran agrupadas las cotas de 2,260, 2,470, 2,590, 2,670 y 2,950 msnm, que corresponden a los chaparrales con una similitud del 25%, que por sus altas densidades es muy difícil el acceso teniendo como especies dominantes por su cobertura: *Quercus flocculenta* (37%), *Quercus greggii* (54%), *Cercocarpus fothergilloide* ssp. *mojadensis* (24%). Podemos observar que existe una gran diversidad de especies de encinos como, *Quercus affinis*, *Quercus pringlei*, *Quercus galeanensis*, *Quercus striatula*, *Garrya laurifolia*, *Ceanothus fendleri*, *Stevia berlandieri*, *Agave macroculmis* y *Arbutus xalapensis*, que presentan una baja cobertura. Se distribuyen a lo largo de la Sierra Madre Oriental lo que da cabida al paso de transición de una comunidad vegetal a otra. Aproximándose al punto más alto de la S.M.O. en el Estado de Nuevo León.

Grupo V.

En lo que respecta a este grupo con un gran número de cotas (13) que van desde los 2,770 hasta los 3,550 msnm en las cuales se encuentra una similitud del 40%, en la que se observa que se hay asociaciones de pino-encino en donde a medida que se avanza en altura sobre el nivel del mar la presencia del género

Pinus es la que domina llegando hasta los 3,550 m donde se mantienen. Las especies que por su cobertura son las más dominantes son: *Pinus hartwegii* (65%), *Pinus culminicola* (33%) esta especie empieza a aparecer conforme se va acercando al punto más alto de la Sierra Madre Oriental para el estado de Nuevo León en las cuales la altura de los árboles oscila entre los 5 y 19 m, otras de las especies importantes en la asociación de esta comunidad vegetal viene siendo *Quercus greggii* (26%) *Abies vejari* (23%), algunas especies que presentan cobertura como lo son: *Agave montana*, *Arbutus xalapensis*, *Pinus flexilis*, *Ceanothus fendleri* y *Quercus pringlei*.

Grupo VI

Esta asociación se le como vegetación subalpina en donde se encuentra las especies a una altura que va desde los 3,580 hasta llegar a los 3,700 msnm, se distribuyen a alturas muy altas donde las temperaturas son por debajo de los 0°C por lo que las especies son de porte muy pequeño que van desde los 50 cm hasta los 2.5 m, en las cuales se encuentran: *Pinus culminicola*, *Juniperus monticola*, que son especies que presentan una alta cobertura pero no así en su densidad por lo que las poblaciones de estas especies ha ido disminuyendo. Las especies del género *Senecio* presentan una alta densidad, por lo que su cobertura se encuentra baja por ser especies herbáceas.

Grupo VII

En esta asociación se encuentra el pastizal halófito, que se distribuye entre los 1,880, en la que se encuentran especies de porte muy pequeño como: *Lepidium montanum*, *Thymophylla aurea*, *Frankeria gypsophila*, *Muhlenbergia villiflora*, *Nerisyrenia linearifolia*, *Euphorbia* y *strictosphora*, por distribuirse en suelos profundos con alto contenido de yeso, este tipo de asociación sirve de alimento a la fauna silvestre en especial al Perrito de la pradera dicha especie se encuentra

en la NOM-059-SEMARNAT-2001 e incluido en el Apéndice I de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies (CITES).

5.4 Resultados de Análisis de Laboratorio de Suelo. El análisis de suelo se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados del Análisis de Suelo

Cota	PH	Valor	% M.O.	%C.O.	Valor	Arena %	Limo %	Arcilla %	Valoración
2070	7.81	Alcalino	4.1723	2.4201	Alto	70.0	22.0	8.0	Franco Arenosa
2170	7.62	Alcalino	9.0456	5.2480	Muy Alto	40.6	39.5	20.0	Franca
2260	4.78	Ácido	3.9037	2.2643	Alto	16.1	60.0	23.9	Franco Limosa
2390	7.55	Alcalino	9.0456	5.2480	Muy Alto	15.6	46.5	38.0	Franco Arcillo Limosa
2470	7.51	Alcalino	11.6428	6.7548	Muy Alto	19.0	37.0	44.0	Arcillosa
2590	6.16	Poco Ácido	9.3142	5.4038	Muy Alto	15.5	47.0	37.5	Franco Arcillo Limosa
2670	6.19	Poco Ácido	5.9987	3.4795	Alto	23.5	29.0	47.5	Arcillosa
2770	6.83	Neutro	6.2393	3.6199	Muy Alto	17.0	50.5	32.5	Franco Arcillo Limosa
2880	7.21	Alcalino	7.3887	4.2867	Muy Alto	19.1	38.0	42.9	Arcillosa
2990	7.21	Alcalino	11.6727	6.7721	Muy Alto	22.0	44.0	34.0	Franco Arcillosa
3060	6.88	Neutro	12.8966	7.4822	Muy Alto	31.4	42.0	26.6	Franca
3170	6.10	Poco Ácido	14.4789	8.4002	Muy Alto	51.0	34.0	15.0	Franca
3260	5.79	Poco Ácido	16.0611	9.3182	Muy Alto	62.0	30.0	8.0	Franco Arenosa
3340	7.13	Neutro	13.9714	8.1058	Muy Alto	38.0	34.5	27.5	Franco Arcillosa
3430	7.13	Neutro	9.8516	5.7156	Muy Alto	47.0	39.0	14.0	Franca

Cota	PH	Valor	% M.O.	%C.O.	Valor	Arena %	Limo %	Arcilla %	Valoración
3580	7.00	Neutro	11.3293	6.5729	Muy Alto	74.0	22.0	4.0	Areno Limosa
3700	6.31	Poco Ácido	17.1955	9.9763	Muy Alto	84.0	11.0	5.0	Areno Limosa
1880	8.04	Alcalino	1.4773	0.8569	Mediano	43.5	50.5	6.0	Franco Limosa
1930	7.68	Alcalino	4.8885	2.8356	Muy Alto	50.1	37.0	12.9	Franca
1940	7.94	Alcalino	3.2501	1.8852	Alto	48.5	41.0	10.5	Franca
1950	7.92	Alcalino	2.3637	1.3710	Mediano	51.1	36.5	12.4	Franca
2150	7.82	Alcalino	6.2047	3.5990	Muy Alto	46.5	42.5	11.0	Franca
2320	7.83	Alcalino	4.9960	2.8979	Muy Alto	43.5	42.5	14.0	Franca
2420	7.87	Alcalino	7.1985	4.1754	Muy Alto	55.9	36.5	7.6	Franco Arenosa
2520	7.87	Alcalino	10.7709	6.2476	Muy Alto	58.1	31.0	10.9	Franco Arenosa
2620	7.76	Alcalino	10.6097	6.1541	Muy Alto	49.0	40.5	10.5	Franca
2700	7.76	Alcalino	6.7150	3.8950	Muy Alto	55.0	34.5	10.5	Franco Arenosa
2850	7.31	Alcalino	10.8368	6.2872	Muy Alto	29.5	42.5	27.9	Franco Arcillosa
2950	7.09	Neutro	12.0010	6.9626	Muy Alto	32.6	46.5	20.9	Franca
3050	6.53	Neutro	9.3142	5.4038	Muy Alto	13.5	52.0	34.5	Franco Arcillo Limosa
3200	7.65	Alcalino	7.9261	4.5985	Muy Alto	28.0	41.0	31.0	Franco Arcillosa
3300	5.96	Poco Ácido	14.6431	8.4955	Muy Alto	39.0	43.5	17.5	Franca
3400	7.32	Alcalino	18.3150	10.625	Muy Alto	82.1	15.5	2.4	Areno Limosa
3550	6.06	Poco Ácido	10.9263	6.3391	Muy Alto	31.6	50.5	17.9	Franco Limosa

Donde: **pH**: Potencial de Hidrogeno, **%M.O.**: porcentaje de materia orgánica, **%C.O.**: Porcentaje de Carbono Orgánico,

Como se muestra en la Tabla 2, Se puede observar que existe un alto porcentaje de materia orgánica en un rango de 10 a 18 % de las cuales corresponden a las asociaciones de Chaparrales (encinos), bosque de pino, bosque de pino-encino,

en un rango altitudinal de los 2,470 hasta los 3,700 msnm. En lo que respecta a los porcentajes restantes de materia orgánica estas corresponden a los matorrales micrófilo, xerófilo, Izotales y pastizal halófito.

6. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Discusión y conclusiones

En nuestro estudio, la exposición de la pendiente juega un papel determinante sobre la distribución de las plantas vasculares. La mayor variación en la vegetación de la Sierra Madre Oriental exclusivamente en el Cerro el Potosí, se reflejó en el mayor número de comunidades en la parte noreste en comparación con la parte sur.

La cobertura vegetal también juega un rol importante en la determinación de la temperatura del suelo, dado que la presencia de las plantas impide que la radiación solar alcance la superficie del suelo y atenúa las fluctuaciones térmicas.

En lo que respecta a las comunidades vegetales presentes en el Cerro el Potosí la superficie de distribución ha sido alterada, principalmente del tipo antropogénico. El área incendiada presenta en la actualidad, dificultad para lograr la regeneración natural, debido al pastoreo extensivo y a las modificaciones en el ambiente, implícitas en la destrucción de la comunidad.

Las diferencias en climatología, nivel altitudinal, suelo y exposición ponen de manifiesto la heterogeneidad de ambientes en los que se desarrollan las diferentes comunidades vegetales, mismas que ostentan patrones de estructura y diversidad altamente heterogéneos.

El registro de plantas endémicas (*Thymophylla aurea*, *Frankenia gypsophila*, *Muhlenbergia villiflora* var. *villiflora*, *Euphorbia strictosphora*, *Nerisyrenia linearifolia*, y *Lepidium montanum*) en pastizales con manejo de pastoreo-agricultura indica que éstas son capaces de recolonizar áreas alteradas por agricultura mecanizada; sin embargo, el manejo continuo de estos suelos

podría no ser apto para su desarrollo en el futuro. Todas las especies endémicas registradas se distribuyen en suelos yesosos, localizados en los 1,880 m.

En regiones secas, la composición florística y la estructura de la vegetación están determinadas principalmente por la cantidad de agua disponible para las plantas, por lo cual se asume que éste es el principal factor limitativo en estas regiones (Tueller et al., 1991; Patten y Ellis, 1995; Paruelo et al., 2000). La disponibilidad de agua para las plantas está directamente relacionada con la precipitación anual, pero también con factores como la topografía y las características del suelo (Reynolds et al., 2000).

Las especies que se tienen registradas en la parte del sur del Cerro El Potosí como las comunidades de Izotales y matorrales xerófilo, su distribución está dada por la condiciones de precipitación y temperatura ya que ahí se desarrollan especies que han desarrollado un mecanismo para no perder humedad.

6.2 Recomendaciones

- El conocimiento de la composición y fisonomía de las comunidades vegetales, y su relación con los factores del medio, es uno de los pilares para fundamentar cualquier programa de conservación y aprovechamiento de estos recursos naturales.
- Por tal motivo resulta de interés continuar con los estudios tendientes a lograr el conocimiento sobre los distintos recursos biológicos del Cerro el Potosí por sus características vegetales propias, lo que será una necesidad prioritaria para emprender posteriores estudios encaminados a la preservación y manejo sustentable de este importante macizo montañoso.
- Las comunidades que se proponen para su protección son la pradera alpina, el matorral de *Pinus culminicola*, los bosques de galería en donde se distribuyen las especies de *Abies vejarii*, *Pseudotsuga mensiezii*, *Pinus Flexilis* y varias especies de encino.
- Debido a la reducción de superficie las comunidades que deben ser manejadas para su recuperación son las áreas incendiadas de *Pinus hartwegii* de exposición norte, los matorrales de *Pinus culminicola* de exposición oeste.
- Continuar con estudios científicos en el área que proporcionen mayor información sobre las áreas susceptibles a conservación.

7. LITERATURA CITADA

- Alanís Flores, G.J., G. Cano y Cano y M. Rovalo Merino. 1996. Vegetación y Flora de Nuevo León, una guía Botánico-Ecológica. Patronato Monterrey 400, Consejo Consultivo para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León, CEMEX. Monterrey, Nuevo León, México. Pp 251
- Alatalo R. 1977. Componente de la diversidad: con interacción de análisis multivariable. 58: 900-906.
- Archer, S. 1984. The distribution of photosynthetic pathway types on a mixed-grass prairie hillside. *Am. Midl. Nat.* 111: 138-142.
- Austin, M.P. 1987. Models for the analysis of species' response to environmental gradients. *Vegetation* 69: 35-45.
- Baca. V. J. 2000. Caracterización de la estructura vertical y horizontal de bosques de pino – encino. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Pp 56-60.
- Blasi C, ML Carranza, L Filesi, A Tilia & A Acosta (1999) Relation between climate and vegetation along a Mediterranean-temperate boundary in central Italy. *Global Ecology & Biogeography* 8: 17-27.
- Burke, A. 2003. How special are Etendeka mesas? Flora and elevation gradients in an arid landscape in north-west Namibia. *J. Arid Environ.* 55: 747-764.
- Cabrera, A. L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. In: Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2nd ed. 2: 1-85. Editorial Acmé, Buenos Aires.
- Cavagnaro, J. B. 1988. Distribution of C3 and C4 grasses at different altitudes in a temperate arid region of Argentina. *Oecologia* 76: 273-277.
- Columbus, J. T. 1999. An expanded circumscription of *Bouteloua* (Graminae: Chlorideae): New combinations and names. *Aliso* 18:61-65.

- Estrada C.E. y Marroquin J.S. 1993. Leguminosas en el centro-sur de Nuevo León. Reporte científico número especial 10 U.A.N.L. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, N.L. México.
- Ezcurra, E., C. Montaña & S. Arizaga. 1991. Architecture, light interception, and distribution of *Larrea* species in the Monte Desert, Argentina. *Ecology* 72: 23-34.
- FAO. 1999. La situación de los bosques en el mundo. Pp9 –11.
- Franco, L. 1996. Manual de Ecología. Segunda edición. Editorial Trillas. México. Pp 101-114.
- García A. 1989. Análisis de la flora y vegetación del Cerro El Potosí de Galeana N.L., México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Tesis inédita 8-11p.
- García. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la UNAM. México, 264 pp.
- García-Arana, M.A. 1996. Análisis de la cubierta vegetal y Propuesta para la Zonificación Ecológica del Cerro El Potosí, Galeana, N.L., México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. Tesis inédita 92 pp.
- Gauch, H.G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press, New York.
- Guerra, P. S., Nívar. 2000. Evaluación de la vegetación riparia, insectos acuáticos y peces influenciados por las variaciones en la calidad y cantidad de los caudales de la cuenca del río San Juan, Nuevo León México. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. 150 p.
- Herrera A. Y., P. M. Peterson y J. Valdés Reyna. 2008. *Bouteloua* (Poaceae: Chloridoideae: Cynodonteae: Boutelouinae) del noreste de México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 2: 917-981.
- Magurran, A. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. Oxford, UK. 256 p.
- Manly, B.F. 1992. Multivariate methods. Chapman and Hall, London, United Kingdom.

- Milne B.I., Forman T.T. 1986. Peninsulas in Maine woody plant diversity distance and environmental patterns, 967-974 p.
- Morla C & F Pineda (1985) The woody vegetation in the Mediterranean-atlantic boundary in the north-west of the Iberian Peninsula. *Candollea* 40: 435-446.
- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons Ltd. New York. 547 p.
- Müllerried, G.F.K. 1945. Geología del Estado de Nuevo León, Tomo 1 Num 2. Instituto de Investigaciones Cientificas de la Universidad de Nuevo León 83 pp.
- Návar, J., T. Cavazos & P. A. Domínguez. 1994. Los balances hidrológicos mensuales con tres probabilidades de precipitación en el estado de Nuevo León. En: C. Polas., J. A. Ramirez F., M.M. Rangel R. & I. Navarro-L.(Eds.) *Actas Facultad Ciencias Tierra UANL Linares*, 8.
- Paruelo, J.M., O.E. Sala y A.B. Beltrán. 2000. Long-term dynamics of water and carbon in semi-arid ecosystems: A gradient analysis in the Patagonian steppe. *Plant Ecol.* 150: 133-143.
- Paruelo, J.M., O.E. Sala y A.B. Beltrán. 2000. Long-term dynamics of water and carbon in semi-arid ecosystems: A gradient analysis in the Patagonian steppe. *Plant Ecol.* 150: 133-143.
- Patten, R.S. y J.E. Ellis. 1995. Patterns of species and community distributions related to environmental gradients in an arid tropical ecosystem. *Vegetatio* 117: 69-79.
- Patten, R.S. y J.E. Ellis. 1995. Patterns of species and community distributions related to environmental gradients in an arid tropical ecosystem. *Vegetation* 117: 69-79.
- Peet R.K.1974. Medida de la diversidad de especies, *Rev. Ecol., system*, 285-307 p.
- Pickett, S.T.A., et al. 1978. Patch dynamics and the design of nature reserves. *Biol. Conser.*, 37pp.

- Reynolds, J.F., P.R. Kemp y J.D. Tenhunen. 2000. Effects of long-term variability on evapotranspiration and soil water distribution in the Chihuahua Desert: A modeling analysis. *Plant Ecol.* 150: 145-159.
- Reynolds, J.F., P.R. Kemp y J.D. Tenhunen. 2000. Effects of long-term variability on evapotranspiration and soil water distribution in the Chihuahuan Desert: A modeling analysis. *Plant Ecol.* 150: 145-159.
- Rojas-Mendoza, P. 1965. Generalidades sobre la vegetación del Estado de Nuevo León. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias de la U.N.A.M. México. 123pp.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México, D.F.
- Rzedowski, J. 1992. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Ciencias* 6: 47-56.
- Torres, E. M. 2000. Análisis estructural de un ecosistema multicohortal de *Pinus Quercus* en una fracción de la sierra Madre Oriental. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Pp 47-55.
- Tueller, P.T., R.J. Tausch y V. Bostick. 1991. Species and plant community distribution in a Mojave-Great Basin desert transition. *Vegetation* 92: 133-150.
- Tueller, P.T., R.J. Tausch y V. Bostick. 1991. Species and plant community distribution in a Mojave-Great Basin desert transition. *Vegetation* 92: 133-150.
- Ward, J. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58: 236-244
- Whittaker, R. H., S. W. Boul, W. A. Niering & Y. H. Havens 1967. A soil and vegetation pattern in the Santa Catalina Mountains, Arizona. *Ecology* 48: 440-450.

8. APÉNDICE

Apéndice 1. Especies registradas a lo largo del gradiente altitudinal.

Familia	Especie
Agavaceae	<i>Agave lecheguilla</i> Torr.
	<i>Agave macroculmis</i> Tod.
	<i>Agave montana</i> Villarreal
	<i>Agave scabra</i> Ortega
	<i>Agave striata</i> Zucc.
	<i>Nolina cespitifera</i> Trel.
	<i>Yucca filifera</i> Chabaud
	<i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) McKelvey
Amaranthaceae	<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt
Anacardiaceae	<i>Rhus microphylla</i> Engelm.
	<i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray.
Apiaceae	<i>Arracacia schneideri</i> Mathias & Constance
Asteraceae	<i>Ageratina wrightii</i> (A.Gray) R.M.King & H.Rob.
	<i>Brickellia Elliott</i>
	<i>Chrysactinia mexicana</i> A.Gray
	<i>Flourensia cernua</i> DC
	<i>Grindelia inuloides</i> Willd.
	<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.
	<i>Hymenoxys insignis</i> Cockerell
	<i>Hymenoxys pinetorum</i> (Standl.) Bierner
	<i>Machaeranthera pinnatifida</i> (Hook.) Shinnors
	<i>Parthenium incanum</i> Kunth.
	<i>Senecio bellidifolius</i> Kunth
	<i>Senecio carnerensis</i> Greenm
	<i>Senecio coahuilensis</i> Greenm.
	<i>Senecio tampicanus</i> DC.
	<i>Stevia berlandieri</i> A.Gray
	<i>Thymophylla aurea</i> (A.Gray) Greene ex Britton & A.Br.
<i>Viguiera dentata</i> (Cav.) Spreng.	
<i>Zinnia acerosa</i> A.Gray	
Berberidaceae	<i>Berberis trifoliata</i> Torr.
	<i>Berberis gracilis</i> Hartw.
Brassicaceae	<i>Lepidium montanum</i> Nutt.
	<i>Nerisyrenia linearifolia</i> (S.Watson) Greene

Familia	Especie
Cactaceae	<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto <i>Ferocactus pilosus</i> (Galeotti) Werderm. <i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck <i>Opuntia imbricata</i> (Haw.) DC. <i>Opuntia leptocaulis</i> DC. <i>Opuntia microdasys</i> (Lehm.) Lehm. ex Pfeiff. <i>Opuntia rastrera</i> F.A.C.Weber
Caesalpiniaceae	<i>Cercis canadensis</i> var. <i>Mexicana</i> (Rose) M. Hopkins
Caprifoliaceae	<i>Lonicera pilosa</i> Kunth
Celastraceae	<i>Mortonia palmeri</i> Hemsl.
Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i> Steud. <i>Juniperus monticola</i> Martinez <i>Juniperus monosperma</i> (Engelm.) Sarg.
Cyclanthaceae	<i>Sphaeradenia angustifolia</i> (Ruiz & Pav.) Harling
Ephedraceae	<i>Ephedra antisyphilitica</i> Berland. ex C.A.Mey.
Ericaceae	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth <i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia furcillata</i> Kunth <i>Jatropha dioica</i> Sessé <i>Euphorbia antiséptica</i> <i>Euphorbia strictospora</i> Engelm.
Fabaceae	<i>Acacia parviflora</i> Little <i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. in Willd. <i>Lupinus cacuminis</i> Standl. <i>Lupinus muelleri</i> Standl. <i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega
Fagaceae	<i>Quercus sideroxyla</i> Humb. & Bonpl. <i>Quercus affinis</i> Scheidw. <i>Quercus flocculenta</i> C.H.Mull. <i>Quercus fusiformis</i> Small <i>Quercus galeanensis</i> C.H.Mull. <i>Quercus greggii</i> (A.DC.) Trel. <i>Quercus intricata</i> Trel. <i>Quercus mexicana</i> Humb. & Bonpl. <i>Quercus polymorpha</i> Schltld. & Cham. <i>Quercus pringlei</i> Seemen <i>Quercus sideroxyla</i> Humb. & Bonpl. <i>Quercus sinuata</i> Walter <i>Quercus striatula</i> Trel
Frakeriaceae	<i>Frankenia gypsophila</i> I.M.Johnst.
Garryaceae	<i>Garrya ovata</i> Benth.

Familia	Especie
	<i>Garrya laurifolia</i> Benth.
Grossulariaceae	<i>Ribes neglectum</i> (Berger) Standl.
Lauraceae	<i>Litsea pringlei</i> Bartlett
Leguminosae	<i>Calliandra conferta</i> Benth. <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.
Liliaceae	<i>Zigadenus virescens</i> (Kunth) J.F. Macbr. <i>Dasyilirion texanum</i> Scheele
Loganiaceae	<i>Buddleja cordata</i> Kunth
Oleaceae	<i>Osmanthus salicifolia</i> <i>Menodora scabra</i> A.Gray
Pinaceae	<i>Abies vejarii</i> Martínez <i>Pinus cembroides</i> Zucc. <i>Pinus culminicola</i> Andresen & Beaman <i>Pinus flexilis</i> E.James <i>Pinus hartwegii</i> Lindl. <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco
Poaceae	<i>Muhlenbergia villiflora</i> Hitchc.
Rhamnaceae	<i>Ceanothus fendleri</i> A.Gray <i>Ceanothus greggii</i> A.Gray
Rosaceae	<i>Amelanchier denticulata</i> (Kunth) K.Koch <i>Cercocarpus mojadensis</i> C.K.Schneid. <i>Cowania plicata</i> D.Don <i>Crataegus greggiana</i> Ettl. <i>Holodiscus dumosus</i> (S.Watson) A.Heller <i>Lindleya mespiloides</i> Kunth <i>Prunus serotina</i> Ehrh.
Salicaceae	<i>Populus tremuloides</i> Michx.
Scrophulariaceae	<i>Penstemon leonensis</i> Straw
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i> Coville

Apéndice 2. Datos de las variables físicas levantadas a lo largo del gradiente altitudinal.

Altitud	% R	% SD	H %	% Grav	% O	% Gram	% Herb	E	Fs	M.O. cm	Prof S cm	% Pend
3,700	30	12	3	45	10	50	53	Z	Planicie	1	8	0
3,580	4	5	67	16	9	22	42	E	Ladera	5	50	15
3,260	20	10	50	10	10	30	20	E	Ladera	8	15	8
3,430	25	15	40	10	10	40	25	NW	ladera	3	25	20
3,340	35	18	23	10	14	45	30	E	ladera	5	15	15
3,060	10	25	35	15	15	30	25	NE	ladera	2	18	10
3,170	10	30	35	15	10	50	45	NE	Ladera	3	15	15
2,070	6	10	7	70	8	25	11	E	Ladera	0.5	15	12
2,170	3	8	40	44	5	15	21	Z	planicie	5	45	0
2,260	2	16	60	13	10	8	15	NE	Ladera	5	25	10
2,390	26	18	11	41	4	6	16	E	ladera	3	40	15
2,470	26	6	28	36	4	4	11	Z	planicie	8	20	0
2,590	10	8	48	25	9	4	16	NE	Ladera	8	25	10
2,670	11	11	46	26	7	2	7	NE	Ladera	3	30	8
2,770	3	4	77	7	9	2	9	NE	ladera	10	60	8
2,880	18	5	33	39	6	20	20	NE	Ladera	5	30	8
2,990	20	7	39	31	3	17	13	NE	Ladera	8	35	20
1,880	0	50	10	0	40	40	40	Z	Planicie	0	100	0
1,940	0	38	1	56	5	24	10	Z	Planicie	0.5	80	0
1,930	42	12	1	42	3	24	8	NE	ladera	3	20	15
1,950	7	27	4	57	4	4	6	Z	Planicie	0.5	80	0
2,620	3	11	50	29	7	21	17	NE	ladera	3	50	10
3,300	7	8	62	15	8	20	18	SW	ladera	8	40	20
3,400	0	5	73	10	13	14	22	SW	ladera	7	40	10
3,550	1	7	59	14	20	9	21	SW	ladera	5	35	25
3,200	3	6	74	12	6	22	16	NW	ladera	5.5	40	25
3,050	0	0	90	4	6	7	7	NW	Ladera	6.5	60	10
2,950	5	10	54	25	7	12	9	NW	ladera	5	22	15
2,850	0	1	83	9	7	13	8	Z	planicie	5	10	0
2,700	6	18	28	43	6	14	17	SW	ladera	2	15	25
2,520	17	13	28	34	8	14	14	SW	ladera	0.5	20	18
2,420	30	11	9	47	4	6	9	SE	Ladera	0.5	25	30
2,320	35	9	3	50	4	15	12	SW	ladera	0.3	20	60
2,150	8	10	7	63	12	5	7	SW	ladera	0.3	30	10

Donde: **R:** Porcentaje de Roca, **SD:** Porcentaje de Suelo Desnudo, **H:** Porcentaje de Hojarasca, **Grav:** Porcentaje de Gravas y Piedras, **O:** Porcentaje de Otros, **Gram:** Porcentaje de Gramíneas, **Herb:** Porcentaje de Herbáceas, **E:** Exposición, **Fs:** Fisiografía, **M.O:** Materia Orgánica, **Prof S:** Profundidad del Suelo, **Pend:** Porcentaje de Pendiente.