

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA**



**Estructura y Diversidad del Bosque de *Pinus cembroides* Zucc. de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México**

Por:

**ROSA MARÍA ORTIZ BADILLO**

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Junio, 2012**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE BOTANICA**

**Estructura y Diversidad del Bosque de *Pinus cembroides* Zucc. de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México**

Por:

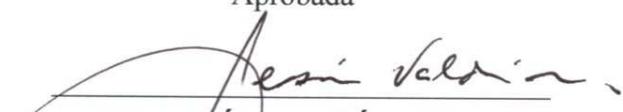
**ROSA MARIA ORTIZ BADILLO**

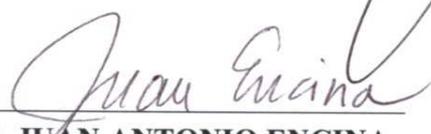
Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

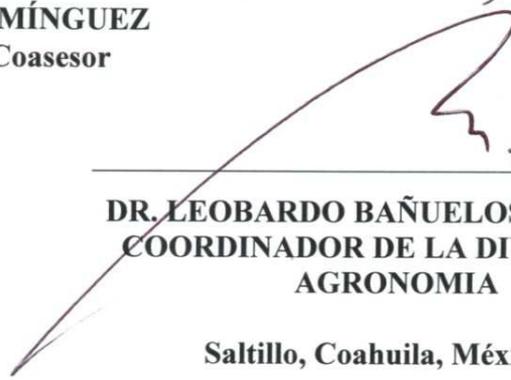
**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada

  
**DR. JESÚS VALDÉS REYNA**  
Asesor Principal

  
**M. C. JUAN ANTONIO ENCINA  
DOMÍNGUEZ**  
Coasesor

  
**DR. ALEJANDRO ZÁRATE  
LUPERCIO**  
Coasesor

  
**DR. LEOBARDO BAÑUELOS HERRERA**  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
AGRONOMIA

  
Coordinación  
División de Agronomía

**Saltillo, Coahuila, México**

**Junio, 2012**

## **Dedicatoria**

*A mis padres Rosa María Badillo y Juan Antonio Ortiz  
Y a mis hermanos Brenda Ortiz y Badillo Juan Ortiz Badillo  
Para ustedes con mucho cariño*

## **Agradecimientos**

*Principalmente a mi familia por siempre darme un empujón para no caer y seguir creyendo en que algún día terminaría mis estudios. Gracias!!!*

*A mi abuela María de la Luz quien partió antes de que empezara, pero que desde entonces sabia que entraría a la Universidad, pese a todas las adversidades que presente en ese entonces, Gracias donde quiera que te encuentres.*

*A mi Alma Mater. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, quien me vio crecer y me dio muchas oportunidades tanto académicas, sociales y culturales.*

*A mi asesor M.C. Juan Encina por todo el apoyo brindado, aunque me tarde, pero tenia que salir!!*

*A mi estimado Dr. Valdés por el apoyo en mi tesis y la oportunidad de conocer más a fondo las labores de la Sierra de Zapalinamé.*

*Al Dr. Alejandro Zarate, por el apoyo brindado con mi tesis y la oportunidad de abrirme las puertas del Departamento de Forestal, la cual fue para mí un segundo hogar. Gracias!!!*

*Al Ing. Edhy Francisco Álvarez García por el apoyo en mis muestreos en campo y su amistad brindada hasta hoy, y sobre todo por el cariño brindado de su hermosa familia.(Citlally, Magaly y Yury).*

*Al T.F. Juan Manuel Cárdenas por el apoyo otorgado en la elaboración de los mapas y las catedras de los bosques de Zapalinamé.*

*Uno muy especial a mi gente de San Luis Potosí y el IPICYT por creer en mi y darme mis “zapes” y llamados de atención. Al Doc. Leonardo Chapa Vargas (Leo) y mi muy estimada M.C. Karina Monzalvo (Karis).*

*Y no pueden faltar los “Chanchos” M.C. Rodrigo García Morales (Rod) por todas esas clases “En línea” explicándome la “Diversidad” y M.C. Víctor Mendoza Rodríguez (Vick), donde ambos me enseñaron a andar en campo y el amor por la fauna.*

*A el grupo Tierra Mestiza, que gracias a ustedes conocí la pasión por la música y la verdadera amistad, Irasema, Checo, María, Shinue, Pepe, Marco, Diana, Raúl y muy en especial a ti Jaime del Ángel por esos años caminando juntos.*

*A mis compañeros en el campo de americano (Tochito). Esme, gracias por esos golpes y el Ing. Rodolfo Javier Martínez por sus consejos dentro y fuera del campo.*

*A mis amigos que fueron como mi familia en la Universidad Toñita, Elena, Rafa, Chucho, Manuel, Mingo, Adolfo, Arnol, Lucky, Lalo, Víctor, Marychuy, Ángeles, Alejandra, Queen, Lino, que aguante!!!.*

*A los compañeros que me ayudaron en los muestreos en campo el Ing. Efrén Carmona, Irasema, Raúl, Cristina, Goretti, Jaime y Alejandro. Por tan buenos garabatos en las hojas de datos.*

*A mis compañeros Guardaparques de la Sierra de Zapalinamé y personal de PROFAUNA, Gustavo, Efraín, Cecy, Cárdenas, Don Rafa y Sergio, gracias por las salidas y el apoyo en mis proyectos.*

## ÍNDICE

	Página.
<b>DEDICATORIA.</b>	i
<b>AGRADECIMIENTOS.</b>	ii
<b>ÍNDECE.</b>	iv
<b>ÍNDICE DE CUARDOS.</b>	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.</b>	vii
<b>RESUMEN.</b>	viii
<b>ABSTRACT.</b>	ix
<b>I.- INTRODUCCIÓN.</b>	1
<b>II.- OBJETIVOS.</b>	2
<b>III.- MATERIALES Y METODOS.</b>	3
Ubicación y descripción del área de estudio.	3
Fisiografía.	4
Edafología.	4
Clima.	5
Vegetación.	5
Metodología.	6
Muestreo de la vegetación.	6
Caracterización Física de los Sitios de Muestreo.	7
Cálculos derivados de la medición de la vegetación.	8
Estimación de la diversidad vegetal de la comunidad estudiada.	9
Índice de Shannon – Wiener.	9
Índice de Margalef.	10
<b>IV.- RESULTADOS.</b>	11
Composición florística.	11
Aspectos estructurales de las asociaciones vegetales del Bosque de <i>Pinus</i> <i>cembroides</i> de la Sierra de Zapalinamé.	11
Aspectos ecológicos del Bosque de <i>Pinus cembroides</i> de la Sierra de Zapalinamé.	16
Diversidad y riqueza del Bosque de <i>Pinus cembroides</i> de la Sierra de Zapalinamé.	16

<b>V.- DISCUSIÓN.</b>	19
Composición florística.	19
Estructura de los Bosques de <i>Pinus cembroides</i> de la Sierra de Zapalinamé.	20
El disturbio antropogénico y su impacto en la estructura y composición florística.	21
Diversidad y riqueza del Bosque de <i>Pinus cembroides</i> de la Sierra de Zapalinamé.	23
Implicaciones para la conservación del bosque de <i>Pinus cembroides</i> en la Sierra de Zapalinamé.	24
<b>VI. CONCLUSIONES.</b>	26
<b>VII. LITERATURA CITADA.</b>	28
<b>VIII. ANEXOS.</b>	36
Listado florístico de los bosques de pino piñonero ( <i>Pinus cembroides</i> ) de la Sierra de Zapalinamé.	36
Coordenadas geográficas y altitud de los sitios de muestreo dentro del bosque de pino piñonero de la Sierra de Zapalinamé.	39
Mapa de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé con ubicación de los Sitios de Muestreo en el Bosque de Pino Piñonero.	40
Mapa del Bosque de Pino y Pino- encino en la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé con ubicación de los Sitios de Muestreo.	41
Fotográfico.	42

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página.</b>
Cuadro 1. Principales familias de plantas presentes en el Bosque de <i>Pinus cembroides</i> en la Sierra de Zapalinamé.	11
Cuadro 2. Atributos estructurales del estrato arbóreo representado por <i>Pinus cembroides</i> .	12
Cuadro 3. Atributos estructurales de los renuevos de <i>Pinus cembroides</i> .	13
Cuadro 4. Atributos estructurales de las especies dominantes en el estrato arbustivo dentro del Bosque de <i>Pinus cembroides</i> en la Sierra de Zapalinamé.	14
Cuadro 5. Atributos estructurales de las especies dominantes en el estrato herbáceo en el Bosque de <i>Pinus cembroides</i> en la Sierra de Zapalinamé.	15
Cuadro 6. Índices de diversidad de los estratos vegetales presentes en el bosque de <i>Pinus cembroides</i> en la Sierra de Zapalinamé, utilizando Ln (nats.) Log2 (Bits) y el índice de riqueza de Margalef.	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página.</b>
Figura 1. Ubicación del área de estudio. Sierra de Zapalinamé.	3
Figura 2. Establecimiento y dimensiones de los sitios de muestreo.	7
Figura 3. Distribución del arbolado por categorías diamétricas del Bosque de Pinus cembroides.	12

## RESUMEN

La sierra de Zapalinamé es un área protegida, la cual fue decretada como Zona Sujeta a Conservación Ecológica por el gobierno de Coahuila en 1996. Ocupa una superficie de 44,739 ha de las cuales el 45% corresponden a bosques de pino, siendo los de *Pinus cembroides*, los más extensos. Estos bosques desarrollan una función importante en el ciclo hidrológico, al evitar la erosión, favorece la infiltración del agua y restablecer los mantos acuíferos, además de ser hábitat para la fauna silvestre. Con el presente estudio se pretende determinar la estructura y diversidad de especies del bosque de *Pinus cembroides* de la Sierra de Zapalinamé. Se establecieron 26 parcelas de muestreo circulares de 1,000 m<sup>2</sup> y ubicadas en un gradiente altitudinal. Para la medición de la vegetación se utilizó el método de parcela, donde se midió el diámetro a 1.30 m y altura media para las especies arbóreas. En el sitio de 1,000 m<sup>2</sup> se midieron los arboles adultos (individuos con diámetro a 1.30 m de altura > 5 cm) y juveniles (con diámetro a 1.30 m de altura ≤ 5 cm y de >1.30 m de altura), registrándose todas las especies herbáceas. Para evaluar la densidad de renuevos de las especies arbóreas (plántulas e individuos ≤ 1.30 m de altura) se establecieron 5 cuadrantes de 2 m<sup>2</sup> (uno al centro y cuatro en los puntos cardinales de cada sitio de muestreo de 1,000 m<sup>2</sup>). Se calcularon los atributos de la vegetación y con la suma de los valores relativos se obtuvo el valor de importancia relativa por especie. Presentando un diámetro desde 7.97 hasta 21.80 cm, siendo el diámetro medio de 15.26 cm creciendo en altitudes de 2,160 hasta 2,640 m, siendo la altitud media 2,352 , se registraron además 84 especies de plantas distribuidas en 48 arbustivas y 36 herbáceas. Los bosques de pino piñonero presentan escasa regeneración, esto debido al pastoreo de ganado bovino y caprino, por lo cual se debe implementar un programa que regule el apacentamiento dentro de los bosques del área protegida.

**Palabras clave:** área protegida, regeneración, impacto antropogénico.

## ABSTRACT

La Sierra de Zapalinamé is a protected area, which was enacted as Zona Sujeta a Conservación Ecológica by the government of Coahuila in 1996. It Covers an area of 44.739 ha, of which 45% are forests of pine, *Pinus cembroides* being the most extensive. These forests perform an important role in the hydrological cycle, prevent erosion, enhances water infiltration and restore the aquifers as well as being habitat for wildlife. The present study aims to determine the structure, species diversity and ecological aspects of the forest of *Pinus cembroides* in Sierra de Zapalinamé. 24 circular Plots of 1,000 m<sup>2</sup> were established to sample and located along an altitudinal gradient For the measurement of vegetation, the method of plot was used, which measured the diameter to 1.30 m and average height for tree species. At the site of 1.000 m<sup>2</sup> adult trees were measured (individuals with diameter at 1.30 m height > 5 cm) and juveniles (1.30 m diameter ≤ 5 cm in height and > 1.30 m in height), all herbaceous species were recorded. To assess the density of seedlings of tree species (seedlings and ≤ 1.30 m tall) 5 quadrants of 2 m<sup>2</sup> were established (one center and four at the cardinal points of each sampling site of 1.000 m<sup>2</sup>). The attributes of the vegetation were calculated and with the sum of the values, the relative importance value for each species was obtained. Featuring a diameter from 7.97 to 21.80 cm, the mean diameter of 15.26 cm growing at altitudes from 2,160 to 2,640 m, where the average altitude is 2.352 m. there were also 84 species of plants distributed in 48 shrubs and 36 herbaceous. Pine forests have poor regeneration, this due to grazing cattle and goats, so you must implement a program to regulate grazing within the forest protected area.

**Keywords:** protected area, regeneration, anthropogenic impact.

## I. INTRODUCCIÓN

La sierra de Zapalinamé se localiza en el sureste de Coahuila, entre la transición del Desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Oriental, es una zona sujeta a conservación ecológica por decreto del gobierno estatal. El matorral xerófilo es la vegetación dominante, sin embargo, en sitios donde el clima es templado frío se desarrolla el bosque de pino piñonero.

El género *Pinus* es característico del hemisferio norte, su origen se ubica en Europa Central, desde donde se difundió hacia América por el estrecho de Bering y por Groenlandia (Mirov, 1967). El género está constituido por 177 especies en el mundo de las cuales 105 son exclusivas del continente Americano. El 75 % se localizan en México y Centroamérica (Critchfield y Little, 1966). México es el país que posee la mayor riqueza de especies del género *Pinus* (Styles, 1993) con 43 especies de las cuales 18 son endémicas (Styles, 1993; Ricker y Hernández, 2010).

El pino piñonero *Pinus cembroides* es un árbol perennifolio, de copa redondeada, con alturas de 5 hasta 15 m (Farjon *et al.*, 1997). Es uno de los pinos con mayor distribución, se presenta al norte del Trópico de Cáncer, entre los 18° y los 32° de latitud norte, desde el suroeste de Estados Unidos de América hasta México, los bosques más extensos se ubican en el centro-norte de México en los estados de Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Hidalgo y Zacatecas (Perry, 1991). Se desarrolla en altitudes de 1,800 a 2,800 m, sobre laderas secas y rocosas de zonas montañas y lomeríos, donde el clima es templado seco hasta templado subhúmedo y es tolerante a la sequía. En cuanto a los aspectos ecológicos de estos bosques, la precipitación media anual oscila de 350 a 700 mm y temperatura media de 18°C (Rzedowski, 1978). Los suelos provienen de rocas calizas, pedregosos y de baja fertilidad, con pH de neutro a alcalino, delgados en lomeríos y profundos en los valles intermontanos.

La Sierra de Zapalinamé en el estado de Coahuila, es una fuente de suministro de recursos naturales y de recreación, su ubicación y sus características geológicas han hecho que sea considerada como el área más importante para la recarga de los mantos acuíferos que

abastece a la ciudad de Saltillo. En el año de 1996 se decreto como Zona Sujeta a Conservación Ecológica por el gobierno de Coahuila (Anónimo 1996) En la Sierra de Zapalinamé se presentan dos especies de pinos piñoneros: *Pinus cembroides* y *P. pinceana*, ambas tienen una gran importancia ecológica para la conservación del suelo ya que evita la erosión y favorece la infiltración del agua hacia los mantos acuíferos, además crea hábitat para la fauna silvestre y son utilizados por la población local para leña y construcción.

Por lo anterior es importante el conocimiento ecológico de las comunidades vegetales del área natural protegida. El objetivo del presente estudio es determinar la composición y diversidad de especies del bosque de pino piñonero en la Sierra de Zapalinamé, con la finalidad de desarrollar programas de gestión sostenibles y así garantizar la conservación de la diversidad biológica de la Sierra de Zapalinamé. En base a la información generada se reforzaran los programas de conservación y manejo de dicha área natural protegida.

## II. OBJETIVOS

- Determinar la estructura y composición de especies vegetales del bosque de *Pinus cembroides* de la Sierra de Zapalinamé,
- Determinar la diversidad, distribución, y aspectos ecológicos del bosque de *Pinus cembroides* de la Sierra de Zapalinamé.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación y descripción del área de estudio.

##### 3.1.1. Localización.

La Sierra de Zapalinamé se localiza en el sureste de Coahuila, es una estribación de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, en el noreste de México, en la zona de transición entre esta provincia y el Desierto Chihuahuense. La sierra forma parte de los municipios de Saltillo y Arteaga y queda muy cerca de la ciudad de Saltillo. Se ubica entre los  $25^{\circ}15'00''$  -  $25^{\circ}25'58.35''$  de latitud norte y los  $100^{\circ}47'14.5''$  -  $101^{\circ}05'3.8''$  de longitud oeste (Fig. 1). Al norte y este colinda con la carretera 57 (México - Piedras Negras), al oeste con la carretera 54 (Saltillo - Zacatecas) y al sur está limitada por la coordenada de latitud  $25^{\circ}15'$ . Anónimo (1983) y Anónimo (1998).

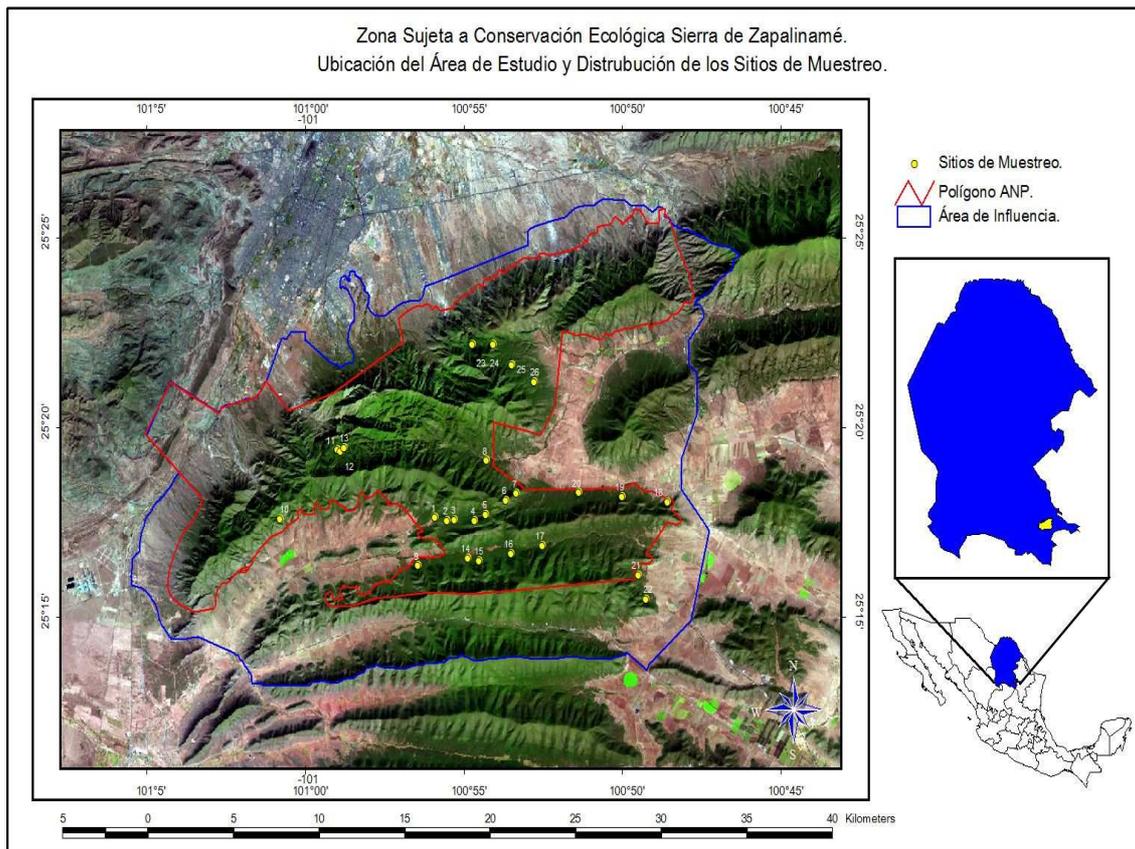


Figura 1.- Ubicación del área de estudio Sierra de Zapalinamé.

### **3.1.2. Fisiografía.**

La región pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental la cual se extiende desde el centro del país hasta el extremo sureste de Coahuila, con ubicación en la Subprovincia de la Gran Sierra Plegada; el macizo incluye valles, planicies y montañas. La orientación de los pliegues transversales es de este a oeste, las altitudes van desde 1,590 m. en el pie de monte, hasta los 2,200 m. en los valles intermontanos, alcanzando su mayor elevación en el Cerro El Penitente a 3,140 m. La zona montañosa es un área fracturada, con topografía accidentada, cuyos anticlinales ofrecen crestas aserradas debido a la intensidad del plegamiento y a la erosión natural que modela el paisaje. (Síntesis Geográfica de Coahuila., 1983).

### **3.1.3. Edafología.**

La región se ubica en la unidad geotectónica denominada Provincia Geológica de la Sierra Madre Occidental. Las rocas que afloran en el área son en su totalidad sedimentarias marinas del Jurásico y Cretácico. Los suelos aluviales ocupan casi 30% las rocas calizas, tan características, ocupan 43% del área; también se encuentran areniscos conglomerados, que ocupan 17% y en menor grado existen lutitas, brechas, travertinos materiales de tipo arcilloso, clástico y carbonatado.

Los suelos que se presentan en el área son en su mayoría aluviales, de componentes calcáreos arcillosos, constituidos por gravas, arenas y arcillas sin consolidar su espesor, de profundidad variable y constituyen planicies con abanicos aluviales al pie del macizo. Existen abundantes afloramientos rocosos, con buen drenaje y de fertilidad moderada a alta. Por su carácter de zona de montaña, abundan los litosoles y rendzinas, constituyendo ambos casi 80% de la superficie del área. Las unidades y subunidades de suelos que se tienen para el macizo montañoso son: litosoles, menores a 10 cm de profundidad que sobreyacen en la roca, tepetate o caliche cementando, que representa el 49% del área. Los suelos del tipo rendzina son oscuros, pedregosos y someros, con una capa superficial de humus fértil, sobre roca caliza o material rico en cal; se les encuentra en pie de monte y

valles, pero representan sólo 29%. En menor proporción aún se localizan los xerosol cálcico con 4.47% y feozem calcárico con 4.42%. (Síntesis Geográfica de Coahuila., 1983).

#### **3.1.4. Clima.**

El área de estudio se caracteriza en general por poseer un clima semiárido en las partes bajas de la zona y templado en las altas. El clima del área se clasifica como BSokw<sup>7</sup>(e), seco, templado cálido, semifrío, con temperatura media anual entre 5°C y 12°C, la del mes más frío entre -3°C y 18°C y la del mes más caliente mayor a 18°C, con una oscilación térmica de entre 7 °C y 14°C.

El promedio de precipitación es de 498 mm, las lluvias son conectivas y coinciden con los meses calientes del año. Durante los meses secos (Octubre – Abril) tiene una variación mensual de 6 y 36 mm y en los meses húmedos (Mayo – Septiembre) el promedio mensual es de 78 mm. por la baja humedad del área, el clima es principalmente árido, a pesar de que la región se encuentra en una zona de transición entre el desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Occidental, hacia la parte sur es semiárido y al sureste llega a ser subhúmedo. La orografía y la topografía del área provocan diferencias marcadas de la precipitación en relación con la altitud y la exposición. Por su temperatura el clima es semiárido, varía a templado en las partes altas del macizo, donde la temperatura media anual oscila de 16 °C a 19°C. (Síntesis Geográfica de Coahuila., 1983).

#### **3.1.5. Vegetación.**

La Sierra de Zapalinamé ofrece una topografía accidentada con variantes climáticas, edáficas, altitudinales y de exposición que determinan cambios en la cubierta vegetal. Arce y Marroquín (1985) realizan un estudio de los tipos de vegetación de una parte del macizo montañoso, en su clasificación incluyen una nomenclatura local, al describir 11 fitocenosis.

En general la cubierta vegetal en exposiciones sur, está representada por matorrales rosetófilo y micrófilo, mientras que en las partes altas está integrada por bosque de pino y

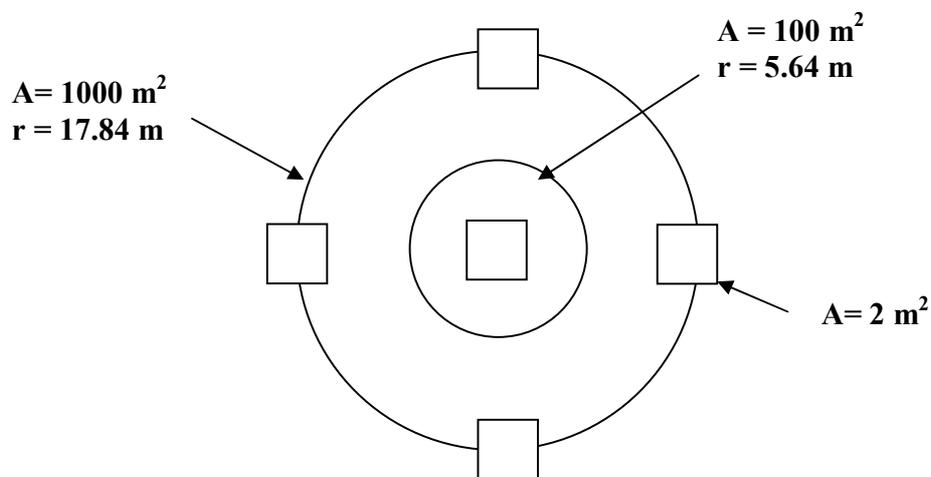
oyamel; en los cañones se presenta bosques de encino y en laderas bajas de exposición noroeste crece el matorral submontano de rosáceas (Marroquín, 1976). Los tipos de vegetación más abundantes son el bosque de pino que ocupa el 14.54% y el bosque de piñonero con matorral xerófilo tan sólo 9.55%.

En los cañones con mejores condiciones de humedad se desarrollan bosques de encino (Arce y Marroquín, 1985) éstos comprenden comunidades de porte bajo, con alturas entre 5 y 10 m, de distribución irregular, con mayor frecuencia en altitudes entre 2,200 y 2,400 m, sobre laderas medias y bajas. Dominan en exposición norte y oeste donde la pendiente del terreno es mayor al 30%, con tendencia a desarrollarse sobre suelos someros y rocosos (Ramírez, 1998, Arce y Marroquín, 1985)

## **3.2. Metodología.**

### **3.2.1. Muestreo de la vegetación.**

Se establecieron 26 sitios de muestreo circulares de 1,000 m<sup>2</sup> distribuidos al azar en el bosque de pino piñonero en la Sierra de Zapalinamé y ubicados en un gradiente altitudinal, que van desde los 2000 m hasta los 2900 m. Para medir la vegetación se utilizó el método de parcela (ver figura 2). (Muller – Dombois y ElleMBERG, 1974) donde se midió el diámetro basal y diámetro a 1.30 m. y altura media para las especies arbóreas, para el caso del estrato arbustivo se midió la cobertura y altura media de cada especie en un sitio concéntrico de 100 m<sup>2</sup>. En el sitio de 1,000 m<sup>2</sup> se midieron los árboles adultos (individuos con diámetro a 1.30 m de altura > 5 cm) y juveniles (con diámetro a 1.30 m de altura ≤ 5 cm y de >1.30 m de altura), además se registraron todas las especies herbáceas. Para evaluar la densidad de renuevos de las especies arbóreas (plántulas e individuos ≤ 1.30 m de altura) se establecieron 5 cuadrantes de 2 m<sup>2</sup> (uno al centro y cuatro en los puntos cardinales de cada sitio de muestreo de 1,000 m<sup>2</sup> (Olvera *et al.*, 1996; Figueroa-Rangel y Olvera, 2000; Ávila y López, 2001; Galindo *et al.*, 2002). Se recolectaron muestras botánicas que posteriormente se herborizaron e identificaron en el herbario ANSM. En cada sitio se registro la altitud (tomada con un altímetro), pendiente, profundidad del suelo (barrena de 1.5 m) y exposición topográfica (tomada con una brújula).



**Figura 2.** Establecimiento y dimensiones de los sitios de muestreo.

Se calcularon los atributos de la vegetación (dominancia, altura, frecuencia, densidad por hectárea y relativa) y con la suma de los valores relativos se obtuvo el valor de importancia relativa por especie (Muller – Dombois y Ellenberg, 1947). La estructura horizontal cuantitativa se analizó en términos del área basal y de la densidad de árboles en las categorías mayores a 5 cm de diámetro normal. Para determinar la dominancia estructural de *Pinus cembroides* a través del gradiente altitud, se efectuó una regresión lineal simple con datos sobre densidad y altitud. Para cuantificar la riqueza de especies se utilizó el índice de Margalef (Magurran, 1988) y para el cálculo de la diversidad alfa se utilizó el índice de diversidad de Shannon y Wiener (Magurran, 1988). La estimación de la diversidad se basó en la densidad y frecuencia relativa de las especies.

### 3.2.2. Caracterización física de los sitios de muestreo.

En las comunidades muestreadas se tomó información sobre la asociación de especies vegetales, la apertura del dosel, además de aspectos fisiográficos es decir, altitud (tomada de un altímetro - barómetro), pendiente (mediante una pistola Haga), posición topográfica

(con respecto a un plano horizontal de referencia), exposición topográfica (tomada con una brújula) y profundidad del suelo (utilizando una barrena de 1.5 m).

### 3.2.3. Cálculos derivados de la medición de la vegetación.

La información de campo sirvió para calcular los atributos de la vegetación. Cada especie de los estratos arbustivos y arbóreos, posee valores de su densidad, cobertura o área basal y frecuencia dentro de las asociaciones del bosque de pino. Con la suma de tales valores relativos se calculó el índice de dominancia relativa o valor de importancia relativa por especie (Muller – Dombois y Ellenberg, 1974).

La estructura horizontal cuantitativa del estrato arbóreo se analiza en términos del área basal y de la densidad de árboles en las categorías diamétricas mayores (a 5 cm de diámetro normal). La descripción del estrato arbustivo considera la cobertura y la densidad de las especies más abundantes.

La comparación entre índices de dominancia relativa y categorías diamétricas por especie para cada clase de edad del arbolado (adultos, juveniles y renuevos), permitió conocer la estructura arbórea. La contribución relativa de cada una de las especies en las comunidades permitió asimismo conocer las dominantes.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Número de individuos}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad por especie} \times 100}{\text{Densidad de todas las especies}}$$

$$\text{Dominancia} = \frac{\text{Área cubierta o área basal}}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Dominancia por especie} \times 100}{\text{Dominancia total de todas las especies}}$$

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Número de parcelas con la especie}}{\text{Número total de parcelas}}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la especie} \times 100}{\text{Suma de la frecuencia de todas las especies}}$$

Finalmente, se obtiene el índice de dominancia relativa por especie con la sumatoria de los valores relativos de cada uno de los atributos ecológicos.

$$\text{Índice de dom. Relativa (IDR)} = \frac{\text{Dens. rel.} + \text{Dom. rel.} + \text{Frec. rel.}}{3}$$

#### **3.2.4. Estimación de la diversidad vegetal de la comunidad estudiada.**

La diversidad vegetal y equitatividad será estimada con el índice de Shannon - Wiener, Simpson, Margalef, para lo cual se utilizarán los listados florísticos, así como los valores de densidad y frecuencia de las especies que integran las comunidades vegetales del área. El índice de Shannon es de los más utilizados para cuantificar la diversidad vegetal en ecosistemas (Magurran, 1988). De acuerdo con los valores de diversidad actual y diversidad máxima, obtenidos para cada una de las comunidades vegetales, se estimó la equitatividad, siendo esta un cociente de ambos valores de diversidad, expresada en porcentaje.

#### **3.2.5. Índice de Shannon – Wiener.**

El índice de Shannon - Wiener tiene una gran aceptación en el medio académico como un indicador de la diversidad, debido a que toma en cuenta no solamente el número de especies diferentes, sino, además, sus proporciones relativas y, por tanto, de mucho mayor confiabilidad que el listado simple de las especies (Moreno, 2001). Las fórmulas de cálculo son las siguientes:

$$I.S. = - \sum P_i \ln (P_i)$$

Dónde:

I.S. = Índice de Shannon obtenido (diversidad actual)

$P_i$  =  $F_{ri} / F_{ri}$

$F_{ri}$  = Frecuencia de la especie  $i$

$F_{ri}$  = Sumatoria de todas las frecuencias de todas las especies observadas

### 3.2.6. Índice de riqueza de Margalef.

Este índice transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra, supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Magurran, 1988).

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Dónde:

$S$ = número de especies registradas

$N$ = número total de individuos de todas las especies

El índice de equitatividad es una medida de la distribución de las proporciones relativas de las especies, a medida que dicho índice se acerque al valor de 100%, se interpreta que las especies ocurren con valores muy cercanos o iguales entre sí. Por el contrario, a medida que tienden a cero, indicará que una especie o pocas especies ocurren con mucha mayor frecuencia que las restantes.

## VI. RESULTADOS

### 4.1. Composición florística.

La flora que comprende el bosque de pino piñonero está integrada por 84 especies de las cuales la mayor riqueza corresponde a las familias: Asteraceae: 19 especies, Agavaceae, Fagaceae y Poaceae, con ocho especies; los géneros mejor representados son: *Quercus* (8) *Bouteloua* (4), *Opuntia* (3) *Gaillardia* y *Stevia* (2) (cuadro 1). Mientras que en el estrato herbáceo dominan las *Piptochaetium fimbriatum*, *Pleopeltis gutata* y *Artemisa ludoviciana*. En el Anexo 1 se presenta el listado de especies de los bosques de pino piñonero de la Sierra de Zapalinamé, el cual proviene de colectas de ejemplares en campo durante los muestreos de la vegetación, así como de la consulta del herbario ANSM de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

**Cuadro 1.-** Principales familias de plantas presentes en el bosque de Pino en la Sierra de Zapalinamé.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Agavaceae	5	8
Asteraceae	17	19
Cactaceae	2	4
Fabaceae	5	5
Fagaceae	1	8
Poaceae	6	8
Rosaceae	3	3

### 4.2. Aspectos estructurales de las asociaciones vegetales del Bosque de *Pinus cembroides* de la Sierra de Zapalinamé.

En la sierra de Zapalinamé los bosques se distribuyen en sitios con clima templado, seco y templado semihúmedo, *Pinus cembroides* es la especie dominante, con una densidad de 381 ind/ha y diámetro medio de 14 cm. tal especie alcanza los mayores valores de importancia (cuadro 2).

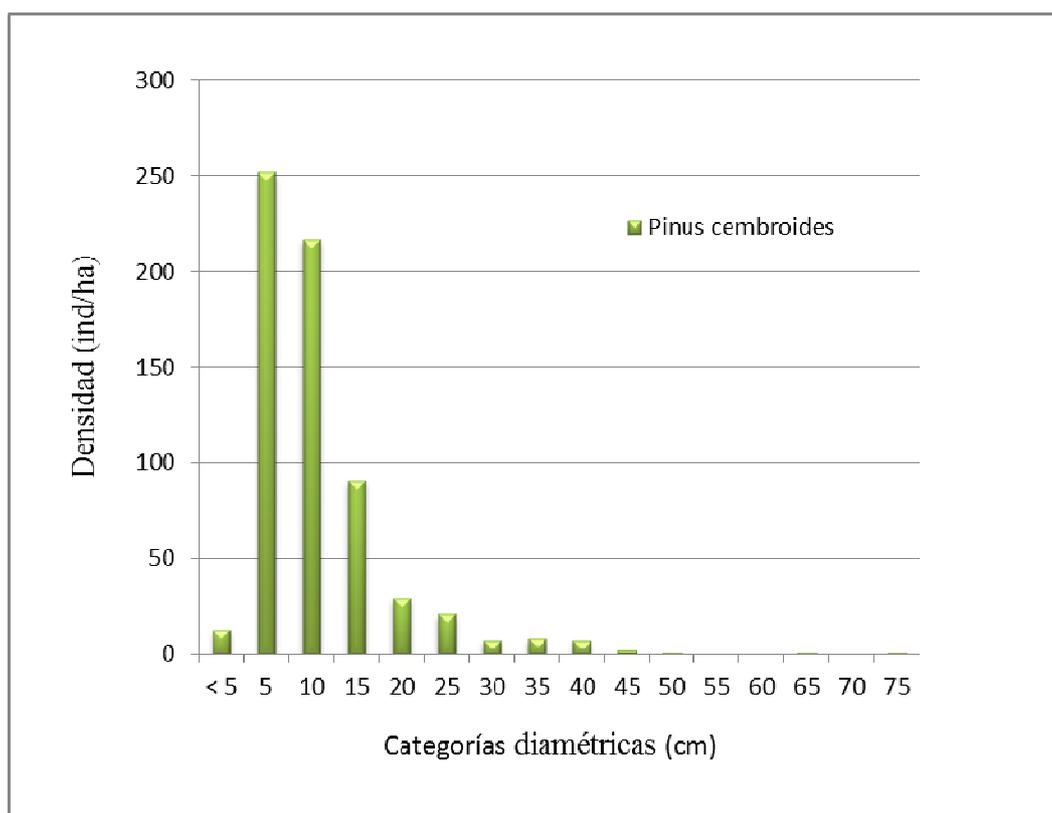
**Cuadro 2.-** Atributos estructurales del estrato arbóreo en el bosque de *Pinus cembroides*.

ESPECIE	Diam. Medio (cm.)	Frec. Rel. (%)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Índice Dom. Rel. (%)*
<i>Pinus cembroides</i>	14	100	100	381	100	100

\*Índice de dominancia relativa =Densidad .rel. + Área basal rel .+ Frecuencia Rel./3

A continuación se describe la estructura diamétrica para este bosque en base a la densidad y área basal.

En el estrato arbóreo el bosque presenta una densidad que sobrepasa los 200 árboles ha<sup>-1</sup>. En la figura 3 se muestra la estructura diamétrica de la comunidad cuya densidad promedio se encontró distribuida desde las categorías de 5 y 10 cm.



**Figura 3.** Distribución del arbolado por categorías diamétricas en el bosque de *P. cembroides*.

El mayor número de árboles ha<sup>-1</sup> ocurre en la categoría diamétrica de 5 cm (250 individuos ha<sup>-1</sup>) seguida en orden decreciente por la de 10 y 15 cm (230 a 140 individuos ha<sup>-1</sup>), representando estos el arbolado joven, del arbolado adulto está representado por las categorías de 20 a 30 cm (130 a 45 individuos ha<sup>-1</sup>) y otro con categorías de 35 a 75 cm. (menos de 50 individuos ha<sup>-1</sup>), la estructura diamétrica se ajusta a una “J” invertida donde la mayor densidad ocurre en las categorías menores y disminuye drásticamente en los diámetros mayores. La regeneración de *Pinus cembroides* es escasa y está integrada por plántulas con una densidad de 43 ind/ha y altura de 2 a 5 cm (cuadro 3) distribuidos de manera irregular y se concentra cerca de los árboles semilleros. En las partes bajas el estrato herbáceo es dominante y disminuye a medida que se incrementa la altitud, al igual que en las laderas con exposición Sur, la pedregosidad es media, el suelo es poco profundo y las pendientes son cerca de un 40%. Existen partes del bosque donde el arbolado es afectado por la sequía, heladas y plagas, ya que se pudieron observar algunos sitios con manchas rojizas y alimonadas indicando la presencia de plagas, en cuanto al arbolado seco estos ya no presentan ramas verdes.

**Cuadro 3.-** Atributos estructurales de los renuevos de *Pinus cembroides*.

<b>Especie</b>	<b>Cobertura promedio (cm)</b>	<b>Altura promedio (cm)</b>	<b>Densidad (ind/ha)</b>
<i>Pinus cembroides</i>	3	5	43

En esta comunidad se registraron 84 especies de plantas, de estas 48 son arbustivas, las dominantes fisonómicas son: *Juniperus erythrocarpa* y *Brickellia veronicifolia*; sin embargo, las especies con los mayores IDR son: *Gymnosperma glutinosum*, *Chrysactinia mexicana* y *Ceanothus coeruleus* (cuadro 4). *Mimosa biuncifera* crece en estos bosques en altitudes de 2,300 m y se asocia con *Agave gentryi*, *Arbutus xalapensis* y *Juniperus flaccida* se desarrolla en algunas pendientes y cañadas con humedad relativa y suelos rocosos. En esta comunidad se desarrolla *Rhus virens* cuya densidad es de 92 ind/ha siendo también una ecotonía entre bosque de pino piñonero con los bosques de encino.

**Cuadro 4.-** Atributos estructurales de las especies dominantes en el estrato arbustivo dentro del Bosque de *Pinus cembroides* en la Sierra de Zapalinamé.

ESPECIES ARBUSTIVAS.						
ESPECIE	Altura media (cm)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frec Rel. (%)	Índice Dom. Rel. (%)*
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	79.13	25.251	438	23.030	11.940	20.074
<i>Chrysactinia mexicana</i>	61.45	22.203	92	4.848	3.731	10.261
<i>Ceanothus coeruleus</i>	44.00	29.020	12	0.606	0.746	10.124
<i>Nolina cespitifera</i>	71.00	20.212	12	0.606	1.493	7.437
<i>Rhus virens</i>	47.23	0.002	92	4.848	6.716	3.856
<i>Mimosa biuncifera</i>	86.10	0.003	131	6.869	4.478	3.783
<i>Quercus saltillensis</i>	95.83	0.001	73	3.838	5.224	3.021
<i>Dalea bicolor</i>	33.77	0.005	81	4.242	4.478	2.908
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	163.26	0.009	88	4.646	2.985	2.547
<i>Arbutus xalapensis</i>	60.50	0.001	50	2.626	3.731	2.120
<i>Juniperus flaccida</i>	43.00	0.008	62	3.232	2.985	2.075
<i>Quercus pringlei</i>	41.00	0.001	46	2.424	3.731	2.052
<i>Agave gentryi</i>	63.27	0.008	62	3.232	2.239	1.826
<i>Cercocarpus fothergilloides</i>	30.00	0.001	58	3.030	2.239	1.757
<i>Lindleya mespiloides</i>	39.87	0.157	31	1.616	2.985	1.586
<i>Brickellia veronicifolia</i>	158.33	2.193	15	0.808	1.493	1.498
<i>Quercus laeta</i>	39.66	0.001	42	2.222	2.239	1.487
<i>Opuntia stenopetala</i>	38.32	0.000	27	1.414	2.985	1.467
<i>Quercus mexicana</i>	47.33	0.001	65	3.434	0.746	1.394
<i>Quercus hypoxantha</i>	58.00	0.001	65	3.434	0.746	1.394
<i>Ageratina saltillensis</i>	26.62	0.103	19	1.010	2.985	1.366
<i>Agave lecheuguilla</i>	45.00	0.001	62	3.232	0.746	1.327
Otras especies (26)		0.817	281	14.747	28.358	14.641
<b>Total</b>		<b>100.000</b>	<b>1904</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>

\*Índice de dominancia relativa= Densidad rel. + Área basal rel. + Frecuencia Rel. /3

El estrato herbáceo está integrado por 36 especies siendo las más abundantes *Loselia scariosa* (1,538 ind/ha) y presenta un índice de valor de importancia de 6.731 %, sin embargo *Piptochaetium fimbriatum* presenta 1,058 ind/ha y muestra los IDR más altos con 20.585 %, *Machaeranthera pinnatifida* (625) y un IDR. de 2.842 %, *Salvia glechomifolia* (433) con 2.120 %. Se registraron además una epífita *Tillandsia recurvata* y dos hemiparásitas *Phoradendron tomentosum* y *P. lanceolatum*. Las cuales en algunos sitios tienen poblaciones altas de estas especies.

**Cuadro 5.-** Atributos estructurales de las especies dominantes en el estrato herbáceo en el Bosque de *Pinus cembroides* en la Sierra de Zapalinamé.

ESPECIES HERBÁCEAS						
ESPECIE	Altura media (cm)	Dom. Rel. (%)	Dens. (ind/ha)	Dens. Rel. (%)	Frec.Rel. (%)	Índice Dom. Rel. (%)*
<i>Piptochaetium fimbriatum</i>	38.68	36.145	1058	11.765	13.846	20.585
<i>Pleopeltis guttata</i>	13.97	32.871	577	6.417	4.615	14.635
<i>Artemisa ludoviciana</i>	15.66	29.358	240	2.674	3.077	11.703
<i>Loeselia scariosa</i>	8.25	0.003	1538	17.112	3.077	6.731
<i>Thymophylla setifolia</i>	18.00	0.286	337	3.743	6.154	3.395
<i>Bouteloua hirsuta</i>	20.50	0.010	481	5.348	3.077	2.811
<i>Machaeranthera pinnatifida</i>	16.23	0.036	625	6.952	1.538	2.842
<i>Bouteloua dactyloides</i>	86.66	0.529	240	2.674	4.615	2.606
<i>Erioneuron avenaceum</i>	26.12	0.021	337	3.743	3.077	2.280
<i>Cheilanthes eatonii</i>	36.07	0.106	288	3.209	3.077	2.131
<i>Bouteloua uniflora</i>	35.80	0.009	288	3.209	3.077	2.098
<i>Salvia glechomifolia</i>	6.00	0.008	433	4.813	1.538	2.120
<i>Gaillardia mexicana</i>	81.00	0.156	240	2.674	3.077	1.969
<i>Hedyotis nigricans</i>	8.25	0.010	240	2.674	3.077	1.920
<i>Zinnia juniperifolia</i>	27.33	0.057	192	2.139	3.077	1.758
<i>Tagetes lucida</i>	2.00	0.155	144	1.604	3.077	1.612
<i>Achillea millefolium</i>	17.00	0.041	288	3.209	1.538	1.596
<i>Pscidium peltatum</i>	60.00	0.007	96	1.070	3.077	1.385
<i>Senna demissa</i>	60.00	0.003	96	1.070	3.077	1.383
<i>Viguiera dentata</i>	2.00	0.002	96	1.070	3.077	1.383
<i>Tradescantia hirta</i>	14.00	0.000	96	1.070	3.077	1.382
<i>Asphodelus fistulosus</i>	30.67	0.020	144	1.604	1.538	1.054
<i>Bidens pilosa</i>	6.33	0.001	144	1.604	1.538	1.048
Otras especies (13)		0.168	769	8.556	20.000	9.575
<b>Total</b>		<b>100.000</b>	<b>8990</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>	<b>100.000</b>

\*Índice de dominancia relativa= Densidad rel. + Área basal rel. + Frecuencia Rel. /3

Durante los muestreos y recorridos en campo se observaron algunas especies de la familia Cactaceae, que están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, que establece el listado de especies y subespecies de la flora silvestre terrestre y acuática en peligro de extinción (P), Sujetas a protección especial (Pr), y Amenazadas (A). Estas especies son: *Echinocereus knippelianus* Liebner enlistada como Amenazada y la cual es muy frecuente encontrarla dentro de este tipo de vegetación. (A) y *Turbinicarpus beguinii* (N.P. Taylor) Mosco &

Zanovello como en Sujeta a protección especial (Pr). Y la cual se observa rara vez; por lo regular entre conglomerados de piedras.

#### **4.3. Aspectos ecológicos del Bosque de *Pinus cembroides* de La Sierra de Zapalinamé.**

En el bosque de Pino Piñonero de la Sierra de Zapalinamé se localiza en laderas medias y partes altas con exposición norte y noreste donde se presenta mayor humedad y sobre altitudes de 1,594 a 2,640 m, en tales sitios la topografía es irregular, las laderas con fuertes pendientes, los suelos varían desde someros en laderas y profundos en los valles intermontanos son de tipo litosol y rendzina de color oscuro con elevada materia orgánica y en ocasiones con abundante pedregosidad.

La mayor densidad del bosque de *Pinus cembroides* ocurre en las partes altas cercanas de los 2,300 m de latitud y en zonas de exposición norte, se extiende hasta el matorral xerófilo donde se asocia con especie de las zonas semiáridas. En especial de asocia con el matorral submontano de las laderas de exposición norte, es esta asociación el bosque de pino tiene el dosel abierto y se permite mayor radiación solar al interior del bosque, lo que contribuye a una mayor riqueza de especies herbáceas, en especial en la época de lluvias.

#### **4.4. Diversidad y riqueza del Bosque de *Pinus cembroides* de La Sierra de Zapalinamé.**

Al realizar el cálculo del índice de diversidad para los estratos herbáceos y arbustivos utilizando logaritmo base 2 ( $\text{Log}_2$ ) y considerando la de frecuencia relativa, los datos que se obtienen sobrestiman la diversidad de los estratos, ya que los valores obtenidos con estos índices son altos y superiores a 3 bits (3.814 a 4.143) (ver cuadro 6), siendo el estrato herbáceo el más diverso con 4.143 bits, mientras que al utilizar el atributo de densidad relativa los índices de diversidad son del orden de 2.714 hasta 4.138 bits de esta forma, el estrato más diverso es el herbáceo con 4.138 bits.

Por otra parte al realizar el cálculo del índice de diversidad con logaritmo natural (Ln) y considerando el atributo de frecuencia relativa, los datos que se obtienen con este índice oscilan entre 2.644 a 3.385 nats (cuadro 6), siendo el estrato herbáceo el más diverso con 3.385 nats, mientras que al utilizar la densidad relativa los índices de diversidad son del orden de 2.714 a 4.138 nats, de esta forma, el estrato más diverso es el herbáceo 4.138 nats.

En los valores más bajos en el índice de diversidad de especies se encuentran el estrato arbustivo, considerando el logaritmo natural y el atributo de la densidad relativa esta tiene valores de 2.644 a 2.868 nats. Con respecto a la equitatividad presenta diferencias al utilizar los atributos de frecuencia y densidad relativa. Al utilizar los datos de frecuencia tiene valores más altos oscilando entre 68.29 % a 94.45 % representando una uniformidad entre el estrato en razón a su abundancia, mientras que al utilizar la densidad relativa son menores y presentan valores de 48.60 % a 80.03%. Demostrando así que a mayor equitatividad, las especies observadas están mejor representadas en los estratos, dentro de la comunidad en función a su abundancia.

De los estratos del bosque de *Pinus cembroides* en la Sierra de Zapalinamé el arbustivo es el que tiene mayor diversidad Alfa, con 48 especies, y es el que tiene el índice de riqueza más alto con un valor de 6.224, está representado por especies perennes y además de una especie con categoría de invasora (*Gymnosperma glutinosum*) y la cual es un indicador de disturbio.

El estrato herbáceo presenta una diversidad alfa de 36 especies y un índice de riqueza de 3.845. En este estrato se representan especies anuales y perennes, como *Piptochaetium fimbriatum*, *Muhlenbergia emersleyi*, *Dyssodia papposa* y *Asphodelus fistulosus*, esta última es una especie invasora e indicadora de disturbio en el bosque de *Pinus cembroides*.

**Cuadro 6.-** Índices de diversidad por estrato en el bosque de *Pinus cembroides* en la Sierra de Zapalinamé, utilizando Ln (nats.) Log<sub>2</sub> (bits) y el índice de riqueza de Margalef.

<b>Estrato Vegetal</b>	<b>Logaritmo</b>	<b>Índice de Diversidad (*)</b>	<b>Equitatividad</b>	<b>Índice de Diversidad (**)</b>	<b>Equitatividad</b>	<b>Índice de riqueza (Margalef)</b>
Herbáceo	LN	3.385	<b>94.456</b>	2.868	80.034	3.845
	Log	<b>4.143</b>	80.141	<b>4.138</b>	80.034	
Arbustivo	LN	2.644	<b>68.299</b>	2.714	<b>70.120</b>	<b>6.224</b>
	Log	<b>3.814</b>	<b>68.299</b>	2.714	48.604	

\*Para su cálculo se utilizó frecuencia relativa.

\*\* Para su cálculo se utilizó densidad relativa.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Composición florística.

La Sierra de Zapalinamé se localiza en una zona de transición entre la Sierra Madre Oriental y el Desierto Chihuahuense, debido a esto, en el área convergen comunidades vegetales de las dos provincias y de acuerdo con Rzedowski (1978), la vegetación de ésta sierra está integrada por floras de los reinos Halárticos y Neotropical, razón por la cual se presenta una elevada riqueza florística.

La flora vascular de los bosques de pino piñonero está integrada por 84 especies de plantas agrupadas en 27 familias, lo que representa el 20.53% de la flora reportada por Arce (1980). El estrato herbáceo está integrado por 36 especies. La dominancia florística, concuerda con lo observado con Rzedowski (1978) quien las menciona como las más numerosas en la flora de los bosques de México, además es similar a lo reportado por Villarreal (2001) para la flora de Coahuila, en donde enmarca tales familias como las más ricas.

El bosque de pino piñonero, también llamado bosque de coníferas (Rzedowski, 1978) o bosque aciculifolio (COTECOCA, 1974), está representado por la dominancia fisionómica de *Pinus cembroides*, *P. pinceana*, *Juniperus erythrocarpa* y *Juniperus flaccida*, y conforma la flora asociada con pino piñonero. El bosque de *Pinus cembroides*, es una comunidad característica de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (Constante *et al.*, 2009) donde pueden formar bosques puros, la mayoría de las veces se asocia con arbustos de tipo esclerófilo (Arce y Marroquín, 1985). En general el número de especies y, en menor proporción, de arbustos disminuye con el aumento de la altitud, mientras que el de árboles aumenta Vásquez y Givnish (1998) obtuvieron resultados similares para la sierra de Manantlan, Jalisco. Dichos autores consideran que tal patrón se debe a que los bosques que se desarrollan en altitudes menores son más deciduos, con mayor apertura del dosel y por ello resultan más secos, al respecto Ramírez *et al.* (2001) señalan que la apertura del dosel en bosques determina la composición de especies arbustivas y herbáceas, y favorece el avance del matorral xerófilo. Lo anterior es aplicable a los bosques de *Pinus cembroides* distribuidos en altitudes de 1,200 a 2,300 m que son más abiertos y permiten mayor

cantidad de radiación solar a niveles de los estratos inferiores, lo que contribuye a una mayor riqueza y abundancia de especies anuales.

## **5.2. Estructura de los bosques de *Pinus cembroides* en la Sierra de Zapalinamé.**

En general los diámetros, área basal y altura de los bosques de la Sierra de Zapalinamé es similar a los estudiados por Lara (2011) para el norte de Zacatecas que señala que el arbolado presenta una altura media de 3.30 m y un diámetro normal de 21 cm y por González (1993) para Durango, quien menciona que la estructura del bosque de *P. cembroides* es muy sencilla. En donde se presenta una formación abierta a muy abierta con alturas de 5 a 8 m. Pero existen diferencias florísticas notables, en las comunidades boscosas de la Sierra de Zapalinamé la densidad de plantas juveniles y renuevos es menor que la de los árboles adultos, lo cual puede ser debido a la competencia de arbustos, efecto de pastoreo y la baja producción de semilla, factores que impiden el establecimiento de *Pinus cembroides*.

En los bosques de pino piñonero de la Sierra de Zapalinamé con mayor apretura de dosel son sustituidos por arbustos xéricos, propios de los matorrales rosetófilo y submontano de rosáceas (Arce y Marroquín, 1985), en estos sitios el estrato arbustivo es abundante y dominan especies de los géneros *Garrya*, *Ageratina* y *Arbutus*, estas especies impiden el establecimiento de la regeneración de los bosques, así la elevada cobertura y dominancia de plantas arbustivas sobre los individuos juveniles y renuevos de *P. cembroides* sugiere que el arbolado podría ser remplazado a mediano plazo por matorrales.

En cuanto al estrato arbustivo se pudieron identificar 48 especies destacando el *Juniperus erythrocarpa*, *Brickellia veronicifolia*, *Quercus saltillensis* y *Mimosa biuncifera* lo cual coincide con lo mencionado con Rzedowski (1978) donde menciona, que a niveles de especie la gran mayoría de los componentes de los pinares mexicanos son taxa restringidos en su distribución geográfica a México y a veces a algunas zonas adyacentes, siendo el espectro global dominado por elementos pantropicales, aunque también neotropicales,

destacando las frecuente de plantas de los géneros, *Quercus Juniperus*, *Arbutus*, *Salvia*, *Mimosa*, entre otras.

Para el caso del estrato herbáceo se identificaron 36 especies presentando alturas medias de 2 cm hasta 86.66 siendo los casos de *Tagetes lucida* y *Bouteloua dactyloides*. En general los pinares del altiplano presentan un estrato herbáceo bien desarrollado según Gonzales *et al.*, 1993 menciona que estos las asociaciones entre pinos piñonero y estratos los más desarrollados son los herbáceos esto conforme a la variación de las condiciones climáticas y edafológicas presentes en el área de estudio. De igual forma Rzedowski (1978) menciona que algunos géneros como las gramíneas y las commelinaceae prefieren sitios provistos de algunas rocas, y otras especies son indicadoras de algún tipo de disturbio. Como es el caso de *Gymnosperma glutinosum*.

### **5.3. El disturbio antropogénico y su impacto en la estructura y composición florística.**

En la Sierra de Zapalinamé los bosques de *Pinus cembroides* han sufrido modificaciones tanto en superficie como en su distribución, debido a la presión antropogénica (Portes, 2001). La permanencia de este bosque ha sido favorecida por los constantes cuidados, donde se realizan algunas reforestaciones y el ataque a plagas forestales, además de las actividades encausadas a la educación ambiental que se ha dado dentro del Área Natural Protegida Sierra de Zapalinamé, (Anónimo, 2010). Sin embargo, no se han evitado que los incendios forestales afecten esta comunidad ya que después de un incendio se propician condiciones microclimáticas y de disponibilidad de nutrientes (Hobbs y Huenneke, 1992) que favorecen la invasión y establecimiento de arbustos, plantas anuales y zacates (Ramírez *et al.*, 2001). El efecto del fuego en la composición florísticas y estructura varía dependiendo de la intensidad y frecuencia (Rzedowski, 1978; Attiwill, 1994).

La baja densidad de plántulas y renuevos de las especies arbóreas de pino piñonero (*Pinus cembroides*), se atribuye a factores naturales y antropogénicos, los de origen natural según Hernández (1985) son las aves y roedores, así como diversos factores climáticas como el

déficit de humedad, el exceso de luz solar y la profundidad del suelo, entre los factores antropogénicos la extracción de leña, tala de árboles para los bosques de la Sierra de Zapalinamé, la recolección de semillas (piñones) que realiza la población local, así como el pastoreo de ganado caprino el cual según Hernández (1985) es un factor limitante en el establecimiento de la regeneración, ya que se alimenta de plántulas y renuevos de pinos, la regeneración se ha mantenido debido a que se ha establecido bajo la copa de los árboles, la cual brinda protección.

En las partes bajas del área se observan indicios de pastoreo de ganado bovino, equino y caprino que modificaron la composición de especies, algunas como *Gymnosperma glutinosum* y *Asphodelus fistulosus* ahora son de las plantas con mayor densidad en el bosque y su presencia indica disturbio por el ganado (Obs. pers.). El apacentamiento del ganado, elimina los renuevos de los árboles e impide su recuperación, además compacta y/o remueve el suelo, creando hábitat para el establecimiento de especies invasoras de tipo ruderal dispersadas por ganado (Hobbs y Huenneke, 1992, Pettit *et al.*, 1995). Estas plantas no son comunes, sin embargo, de continuar el libre pastoreo y la expansión de la zona urbana, tales malezas podrán ser más abundantes e inclusive reemplazar a las especies nativas (Vetaas, 1997). Esta actividad es común en los bosques de México (Challenger, 1998), más sin embargo su efecto ha sido poco estudiado (Hernández *et al.*, 2000), se considera que el disturbio antropogénico afecta de manera negativa la densidad de renuevos (Ramírez, 2003). y esto modifica la composición de especies donde sobrevivirán las plantas menos palatables para los animales, de esta forma el sobreapacentamiento en los bosques a un largo plazo, podría ocasionar su desaparición y con ello la pérdida de la diversidad biológica (Fleischner, 1994; Hernández *et al.*, 2000).

Los bosques cercanos a centros de población, caminos y laderas bajas son sitios con mayor disturbio. Aunque este proceso puede mantener un equilibrio numérico al compensar las pérdidas de las especies originales, en realidad su efecto puede ser negativo debido a que las nuevas especies suelen ser de amplia distribución, propias de vegetación secundaria o ruderales, que pueden ser mejores competidoras y desplazar a las nativas (Van Wilgen *et al.*, 1996). Además, las especies invasoras colonizan pronto sitios debido a su elevada producción de semillas y alterar el funcionamiento del ecosistema (Richardson *et al.*,

1992). Como consecuencia de la influencia humana, existe una tendencia de los bosques a la sencillez estructural, coetaneidad, menor diversidad de especies y mayor susceptibilidad a las invasoras (Jardel, 1986, Hobbs y Huenneke, 1992).

#### **5.4. Diversidad y riqueza del Bosque de *Pinus cembroides* de la Sierra de Zapalinamé.**

El estrato herbáceo obtuvo los valores más altos en el índice de diversidad, sin embargo este no coincide en el índice de riqueza de Margalef debido a que el índice de riqueza nos dice cual estrato cuenta con mayor número de especies.

La diversidad de los estratos entre arbustivos y herbáceo, muestra una diferencia marcada, esto debido a la ubicación de algunos sitios muestreados los cuales se ubican en zonas de transición, donde están en contacto áreas agrícolas con forestales, dando esto un resultado favorable a la propagación de especies arbustivas. Debido al efecto de borde, las áreas de transición poseen mayor riqueza (Hansen *et al.*, 1988), además la riqueza de especies se debe, en parte, al “Efecto migrante” (Shmida y Wilson, 1985), el cual se explica por las inmigraciones de especies del matorral submontano y el bosque de pino, la cual incrementa la diversidad. Como resultado de la mayor incidencia a este tipo de respuestas aunado a la utilización de los recursos en microambientes y en otros solo se mantengan en un tamaño poblacional mínimo (Guo y Brown, 1996).

El índice de riqueza de Margalef mostró resultados favorables, debido a que este se basa en el número de especies y como regla general la riqueza aumenta con la superficie de muestreo (Romero, 1999).

En comparación con el uso del Logaritmo natural (nats), el índice de diversidad utilizando el logaritmo base 2 (bits) son más altos, una tendencia similar se observa al utilizar los atributos de la vegetación donde los índices de diversidad son mayores al emplear la frecuencia relativa y resultan menores al considerar la densidad relativa. Margalef (1972) considera que los valores de diversidad utilizando el índice de Shannon (log base 2) se ubique entre 1.5 y 3.5 y raras veces sobrepase 4.5. Además Margalef (1991) menciona que la mayor diversidad observada en ecosistemas es alrededor de 5.3 y que las comunidades

pioneras, oportunistas y perturbadas que han sido sometidas a un apacentamiento excesivo. En esta investigación los valores de diversidad obtenidos en bits muestran que el estrato herbáceo se encuentra con índices de diversidad media hasta alta donde los estratos se encuentran entre 3.814 y 4.143 bits y según Margalef (1972) son comunidades de diversidad media y alta.

### **5.5.- Implicaciones para la conservación del bosque de *Pinus cembroides* de la Sierra de Zapalinamé.**

Como parte del manejo de la Sierra de Zapalinamé se debe considerar regularla actividad antropogénicas, esto de acuerdo a una evaluación de los agentes de disturbio así como sus efectos. En el caso de los fraccionamientos campestres en el área, las cuales ocasionan la tala del arbolado y con esto un disturbio en el bosque, para esto es recomendable establecer reuniones con la población local para informar a los dueños de predios sobre los objetivos y lineamientos del plan de manejo del área protegida: Zona Sujeta a Conservación Ecológica.

El bosque de pino piñonero es aprovechado por las comunidades para obtener leña, pilotes y postes para construcción, en el pasado estos bosques fueron talados para la construcción de las cabañas afectando la estructura y fuente de germoplasma; para esto se sigue la aplicación del plan de manejo del área a través de proyectos alternativos para las comunidades (Anónimo, 2010).

El libre pastoreo en las áreas forestales es el agente principal de disturbio, por lo cual se recomienda dar un seguimiento al proyecto que se encuentra dentro del plan de manejo, el cual corresponde a manejo del ganado. Con tal proyecto se puede reducir la actividad del ganado dentro de estas áreas favoreciendo la regeneración del arbolado.

Las especies de plantas varían en su respuesta al disturbio (Hobbs y Huenneke, 1992) por lo cual se deberán tomar decisiones que determinen las especies que se deberán fomentar (endémicas, raras tales como orquídeas, helechos entre otras) y cuales controlar (malezas y ruderales). Ante esto, Adamus y Clough (1978) consideran que las raras son las más

vulnerables y en peligro de extinción y por lo tanto deben de recibir atención prioritaria en los programas de evaluación y protección

En las salidas de campo se observó de manera muy localizada la presencia de insectos plagas sobre el arbolado de pino piñonero, con lo cual se debe realizar investigación con instituciones o convenios de colaboración para determinar las especies y así elaborar un proyecto para su control.

## VI. CONCLUSIONES

Las comunidades vegetales presentes en la Sierra de Zapalinamé, como lo son los matorrales micrófilos y rosetófilos propios de la fisiografía del Altiplano Mexicano y los bosques de pino y pino encino (*Pinus cembriodes*, y *Quercus spp.*), característicos de las provincias de la Sierra Madre Oriental, señalan que el área es el punto de convergencia entre las provincias fisiográficas.

Las diferentes orientaciones del macizo montañoso de la Sierra de Zapalinamé contribuyen a la gran diversidad florística y al desarrollo de nuevas especies, sin embargo las especies arbustivas dominantes dentro del bosque de pino (*P. cembroides*) es el *Juniperus erhythrocarpa*, y el *Quercus saltillensis* que domina hasta alturas que sobrepasan los 2,200 m. El matorral micrófilo e desarrolla al pie de montaña en donde se presentan las mayores características de aridez.

El bosque de *Pinus cembroides* se desarrolla en áreas con climas templados y húmedos, siendo estos en las partes más altas de la Sierra de Zapalinamé, con escorrentía intermitente y en laderas con exposición norte.

La estructura de bosque de pino es simple, en donde se presentan densidad y área basal bajas, también se presenta una baja regeneración, esto debido al manejo inadecuado de los bosques por la población local.

La regeneración del bosque de *P. cembroides* es baja debido a varios factores, tanto naturales como antropogénicos esto como consecuencia de la recolección de semilla por los pobladores además del pastoreo del ganado bovino y caprino, siendo estos los factores más importantes que limitan la regeneración.

En general la diversidad de especies arbustivas y herbáceas es media, esto debido a los factores naturales y antropogénicos, como el pastoreo del ganado o los incendios forestales. La alta presencia de algunas herbáceas y arbustivas que son consideradas como indicadoras de disturbio, entre ella destacando el: *Gymnoesperma glutinosum* y *Asphodelus fistulosus*

La Sierra de Zapalinamé es un área importante para la conservación y el cuidado de los bosques ya que esta Sierra es la principal fuente de abastecimiento de agua para Ramos Arizpe, Arteaga y el Valle de Saltillo además de ser hábitat para algunas especies de flora y fauna endémica y algunas otras enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo algún estatus de conservación.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Anónimo. 1983. Síntesis geográfica de Coahuila. México. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. 163 p.
- Adamus, P. R. y G. C. Clough. 1978. Evaluating species for protection in natural areas. *Biol. Conserv.*
- Anonimo. 1985. Memorias, Primer simposium nacional, sobre Pinos Piñoneros; Universidad Autónoma de Nuevo León; Linares Nuevo León, México 1985.
- Anónimo. 1996. Decreto del Área Natural Protegida, con Carácter de Zona Sujeta a Conservación Ecológica, un Área de la Serranía conocida como Zapalinamé. Periódico Oficial del Estado, Tomo CIII, No. 83, Saltillo, Coahuila.
- Anónimo. 1998. Programa de manejo de la zona sujeta a conservación Ecológica “Sierra de Zapalinamé”. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo. Coahuila. 179 p.
- Anónimo. 2010. Programa de Manejo de la Sierra de Zapalinamé 2009 – 2010. Protección de la Fauna Mexicana. A.C. Castelar, Saltillo. Coahuila. 289 p.
- Arce G. L. 1980. Adición al estudio de la vegetación y la florística del cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coah., México. Tesis. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, N.L., 92 p.
- Arce G. L. y J. S. Marroquín. 1985. Las unidades fisonómico-florísticas del cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila, México. *Biótica* 10: 369-393.

- Attiwill, P. M. 1994. The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *Forest Ecology and Management* 63:247-300.
- Ávila - Bello C. y L. López - Mata. 2001. Distribución y análisis estructural de *Abies hickelii* Flous et Gaussen en México. *Interciencia* 26: 244-251.
- Barrientos Priego L. 1983. "Estudio Morfogénético in vitro de inóculos provenientes de árboles jóvenes de *Pinus cembroides*, *P. patula* y *P. pseudostrobus*. Tesis Profesional, Depto. de Fitotecnia; Chapingo, México 51 p.
- Challenger A. 1988. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. pasado, presentes y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre, S.C., México, D.F.
- Constante, G. V., J. Villanueva D., J. J. Cerano P., Cornejo O y S, Valencia M. 2009. Dendrocronología de *Pinus cembroides* Zucc. Y reconstrucción de precipitación estacional para el sureste de Coahuila. *Revista Ciencias Forestales en México* 34 (106): 17-39.
- COTECOCA. 1974. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana, Estado de Coahuila. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 123 p.
- Critchfield, W. B., Little, E. L. Jr. 1966. Geographic distribution of the world,- USDA, Forest Serv., Misc. Publ. 991.
- De la Cruz L., J. 1984. Estudio dasonómico del bosque de coníferas de la Sierra de Zapalinamé. Tesis Profesional. Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 117 p.

- Eguiluz Piedra, T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 571 p.
- Encina - Domínguez J. 1996. Distribución y Aspectos Ecológicos del género *Quercus* en el estado de Coahuila, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, 123 p.
- Farjon, A., J. A. Pérez de la Rosa and B. T. Styles. 1997. A field guide to the pines of Mexico and Central America. The Royal Botanic Gardens. Kew Publishing House. London, U.K. 147 p.
- Farjon, A. 1996. Biodiversity of *Pinus* (Pinaceae) in Mexico: speciation and paleoendemism. *Botanical Journal of Linnean Society* 121(4):365-384.
- Figueroa - Rangel B. y M. Olvera - Vargas M. 2000. Dinámica de la composición de especies en bosques de *Quercus crassipes* Humb. et Bonpl. en cerro Grande, Sierra de Manantlán, México. *Agrociencia, serie Recursos Naturales Renovables* 1: 91-98.
- Fleischner, T. L. 1994. Ecological cost of livestock grazing in western North America. *Conservation Biology* 8:629-644.
- Galindo - Jaimes L., González - Espinosa M., Quintana - Asencio P. y García L. 2002. Tree composition and structure in disturbed stands with varying dominance by *Pinus* spp. in the highlands of Chiapas, México. *Plant Ecology* 162: 259-272.
- González - Elizondo S., González - Elizondo M. y Cortés - Ortiz A. 1993. Vegetación de la reserva de la biosfera "La Michilia", Durango, México. *Acta Botánica Mexicana* 22:1-104.

- Guo, Q., and J.H. Brown. 1996. Temporal fluctuations and experimental effects in desert plant communities. *Oecología* 107:568-577.
- Hansen, A. J., Di Castri F. y Naiman R.j. 1988. Ecotones: what why? En: Di Castri F., Hansen A. J. y Hollands M. M. Eds. *A New Look at Ecotones: Emerging International Projects on Landscape Boundaries*, pp. 9-46 *Biology International Special Issue 17*. International Union Of Biological Science, Paris.
- Hernández. R., A. 1985. Análisis estructural de los piñonares del altiplano potosino-zacatecano. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 155 p.
- Hernández, V. G., L. R. Sánchez, T. F. Carmona, M. R. Pineda y R. Cuevas. 2000. Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques de la Sierra de Manantlán. *Madera y Bosques* 6(2): 13-28.
- Hobbs, R. J. y Huenneke L. F. 1992. Disturbance, diversity and invasión: implications for conservation. *Conservation Biology* 6:324-337.
- Jardel, P. E. 1986. Efecto de la explotación forestal en la estructura y regeneración del bosque de coníferas de la vertiente oriental del Cofre de Perote, Ver., México. *Biotica* 2(4): 247-270.
- Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*.
- Lara, R. E. 2011. Estructura y Diversidad de la Vegetación en una porción de la Sierra El Mascarón, en el norte de Zacatecas, México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, Saltillo, Coahuila, 123 pp.

- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 179 p.
- Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. Trans. Connect. Acad. Arts Sci., 44:211-235.
- Margalef, R. 1991. Teoría de los sistemas ecológicos. Publicacions de la Universitat de Barcelona. Barcelona, España. 275 p.
- Marroquín, J. 1976. Vegetación y florística del nordeste de México. I. Aspectos sinecológicos en Coahuila. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 36: 69-101.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2da. edición. Editorial Botas, S. A. México, D. F. México. 361 p.
- Mirov, N.T. 1967. The genus *Pinus*. New York 1967 Ronald Press Co. 602 p.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 84 p.
- Mueller - Dombois D. y Ellenberg H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. Inc., New York. 547 p.
- Olvera, V.M. Moreno G. S. y Figueroa R.B. 1996. Sitios permanentes para la investigación silvícola. Manual para su establecimiento. Libros del Instituto Manantlán. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México. 55 p.
- Perry, J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon, USA. 231 p.

- Pettit, N. E., R.H. Froend y Ladd, P. G. 1995. Grazing in remnant woodland vegetation: changes in species composition and life from groups. *Journal of Vegetation Science* 6:121-130.
- Portes V., L. 1996. Análisis de cambios de uso de suelo en la Sierra de Zapalinamé, Municipios de Arteaga y Saltillo, Coahuila. Tesis Profesional. Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 106 p.
- Portes, V. L. 2001. Evaluación del cambio de uso de suelo y del paisaje regional en la Sierra de Zapalinamé. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 2(1): 41-51.
- Ramírez, J. C. 1998. Un sistema de información geográfica para la identificación de los determinantes de la vegetación y usos del suelo en la Sierra de Zapalinamé, Coah., México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 103 pp.
- Ramírez, N., M. González - Espinosa and G. Williams - Linera. 2001. Anthropogenic disturbance and treediversity in montane rain forest in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* 154:311-326.
- Ramírez, N. 2003. Survival and growth of tree seedling in anthropogenically disturbed Mexican montane rain forest. *Journal of Vegetation Science* 14:881-890.
- Rebollado, V. A. 1982. Estudio preliminar sobre la ecología de los piñonares en el Altiplano Potosino - Zacatecano. Tesis de maestría en ciencias, Colegio De Postgraduados; Montecillos, México; 123 p.

- Richardson, D. M., McDonald, I. A., Holmes P. M. y Cowling R. M. 1992. Plant and animal invasions. En: Cowling M. Ed. The Ecology of Fynbos. Nutrient, Fire and Diversity, The Oxford University Press, Ciudad del Cabo. 271-308 p.
- Ricker, M. y H. M. Hernández. 2010. Tree and tree-like species of Mexico: gymnosperms, monocotyledons, and tree ferns. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 27- 38.
- Robert, M. F. 1977. Notas sobre el estudio ecológico y fitogeográfico de los bosques de *Pinus cembroides* Zucc. en México. *Revista Ciencia Forestal* 2(10): 49 – 58.
- Romero, G. 1999. Caracterización ecológica y definición de esquemas de muestreo en el Matorral Espinoso Tamaulipeco del Nordeste de México. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León, 72 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 p.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 que determinan las especies nativas de México de flora y fauna silvestres - categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 2ª sección, 30 de Diciembre de 2010.
- Shmida, A. y Wilson M. 1985. Biological determinants of species diversity. *Journal of Biogeography* 12:1-20.
- Síntesis Geográfica de Coahuila. 1993. Secretaría de Programación y Presupuesto. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

- Styles, B. T. 1993. Genus *Pinus* a Mexican purview. In: Biological diversity of México: Origins and distribution. R Bye, A Lot, J Fa (eds) Oxford Univeresity Press. New York, U.S.A. pp: 397-420.
- Van Wilgen B.W., Cowling R.M. y Burgers C.J. 1996. Valuation of ecosystem services. *BioScience* 46:184-189.
- Vázquez, - G. J. y T. J. Givnish 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. *Journal of Ecology* 86:999-1020.
- Vetaas, O. R. 1997. The effect of canopy disturbance on species richness in a central Himalayan oak Forest. *Plant Ecology* 132:29-38.
- Villareal, J. Á. 2001. Listados florísticos de México. XXIII Flora de Coahuila. Instituto de Biología. Universidad Nacional de México. México, D.F. 137 p.

ANEXO I

Listado florístico de los bosques de pino piñonero (*P. cembroides*) de la Sierra de Zapalinamé.

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	AUTOR
AGAVACEAE	<i>Agave</i>	<i>lecheguilla</i>	Torr.
	<i>Agave</i>	<i>gentryi</i>	B.Ullrich.
	<i>Agave</i>	<i>scabra</i>	Sail- Dyck.
	<i>Agave</i>	<i>striata</i>	Zucc.
	<i>Dasyilirion</i>	<i>cedrosanum</i>	Trel.
	<i>Nolina</i>	<i>cespitifera</i>	Trel.
	<i>Yuca</i>	<i>carnerosana</i>	(Trel.) Mc. Kelvey.
ANACARDIACEAE	<i>Rhus</i>	<i>trilobata</i>	A. Gray.
	<i>Rhus</i>	<i>virens</i>	A. Gray.
ASTERACEAE	<i>Achillea</i>	<i>millefolium</i>	L.
	<i>Ageratina</i>	<i>saltillensis</i>	(Rob.) R. M. King et H. Rob.
	<i>Artemisia</i>	<i>ludoviciana</i>	Nutt.
	<i>Brickellia</i>	<i>veronicifolia</i>	A. Gray.
	<i>Chrysactinia</i>	<i>mexicana</i>	A. Gray.
	<i>Dyssodia</i>	<i>papposa</i>	(DC.) Rob.
	<i>Gaillardia</i>	<i>mexicana</i>	A. Gray.
	<i>Gaillardia</i>	<i>pinnatifida</i>	Torr.
	<i>Gnaphalium</i>	<i>roseum</i>	Kunth.
	<i>Gymnosperma</i>	<i>glutinosum</i>	(Spreng.) Less.
	<i>Machaeranthera</i>	<i>pinnatifida</i>	(Hook.) Shinnors
	<i>Psacalium</i>	<i>peltatum</i>	(Kunt) Cass.
	<i>Stevia</i>	<i>ovata</i>	Willd.
	<i>Stevia</i>	<i>pilosa</i>	Lag.
	<i>Tagetes</i>	<i>lucida</i>	Cav.
	<i>Thymophylla</i>	<i>setifolia</i>	Lag.
	<i>Vernonia</i>	<i>greggii</i>	(A. Gray) Blake.
<i>Viguiera</i>	<i>dentata</i>	(Cav.) Spreng.	
<i>Zinnia</i>	<i>juniperifolia</i>	A. Gray.	
BERBERIDACEAE	<i>Berberis</i>	<i>trifoliolata</i>	Moric.
CACTACEAE	<i>Echinocereus</i>	<i>knippelianus</i>	(Scheid.) Engelm.
	<i>Opuntia</i>	<i>rastrera</i>	Weber.
	<i>Opuntia</i>	<i>lindheimeri</i>	Engelm.
	<i>Opuntia</i>	<i>stenopetala</i>	Engelm.

---

	<i>Coryphantha</i>	<i>Sp.</i>	(Engelm.) Lem.
	<i>Mammillaria</i>	<i>Sp.</i>	Haw.
	<i>Stenocactus</i>	<i>multicostatus</i>	(Hildm.) A. Berger ex A.W. Hill
	<i>Turbincarpus</i>	<i>beguinii</i>	(N.P. Taylor) Mosco & Zanovello
COMMELINACEAE	<i>Tradescantia</i>	<i>hirta</i>	L.
	<i>Tradescantia</i>	<i>nuevoleonensis</i>	L.
CONVOLVULACEAE	<i>Dichondra</i>	<i>brachypoda</i>	J.R. Forst et G. Forst.
CUPRESSACEAE	<i>Juniperus</i>	<i>erythrocarpa</i>	Cory.
	<i>Juniperus</i>	<i>flaccida</i>	Schlecht.
	<i>Juniperus</i>	<i>saltillensis</i>	M.T. Hall.
CYPERACEAE	<i>Carex</i>	<i>schiedeana</i>	Kunze.
ERICACEAE	<i>Arbutus</i>	<i>xalapensis</i>	Kunth.
	<i>Arctostaphylos</i>	<i>pungens</i>	Kunth.
FABACEAE	<i>Acacia</i>	<i>roemeriana</i>	Scheele.
	<i>Dalea</i>	<i>bicolor</i>	Willd.
	<i>Mimosa</i>	<i>biuncifera</i>	Benth.
	<i>Senna</i>	<i>demissa</i>	(J. N. Rose) H.S. Irwin et Barneby
	<i>Sophora</i>	<i>secundiflora</i>	(Ort.) DC.
FAGACEAE	<i>Quercus</i>	<i>greggii</i>	(A. DC.) Trel.
	<i>Quercus</i>	<i>hypoxanta</i>	Trel.
	<i>Quercus</i>	<i>intricata</i>	Trel.
	<i>Quercus</i>	<i>laeta</i>	Liebm.
	<i>Quercus</i>	<i>mexicana</i>	Kunth.
	<i>Quercus</i>	<i>pringlei</i>	Seemen
	<i>Quercus</i>	<i>saltillensis</i>	Trel.
	<i>Quercus</i>	<i>striatula</i>	Trel.
GARRYACEAE	<i>Garrya</i>	<i>ovata</i>	Benth.
LAMIACEAE	<i>Poliomintha</i>	<i>longiflora</i>	A. Gray.
	<i>Salvia</i>	<i>regla</i>	Cav.
	<i>Salvia</i>	<i>glechomifolia</i>	Kunth.
LILIACEAE	<i>Asphodelus</i>	<i>fistulosus</i>	L.
OLEACEAE	<i>Fraxinus</i>	<i>greggii</i>	A. Gray.
ORCHIDACEAE	<i>Malaxis</i>	<i>brachystachya</i>	(Reichb.) Kuntze.
POACEAE	<i>Aristida</i>	<i>eludens</i>	Allred et Valdés-Reyna
	<i>Bouteloua</i>	<i>dactyloides</i>	(Nutt.) Columbus
	<i>Bouteloua</i>	<i>hirsuta</i>	Lag.
	<i>Bouteloua</i>	<i>uniflora</i>	Vasey.
	<i>Bromus</i>	<i>carinatus</i>	Hook. et Arn.
	<i>Erioneuron</i>	<i>avenaceum</i>	(Kunth) Tateoka
	<i>Muhlenbergia</i>	<i>emersleyi</i>	Vasey.
	<i>Piptochaetium</i>	<i>fimbriatum</i>	(Kunth) Hitchc.

---

---

POLEMONIACEAE	<i>Loeselia</i>	<i>scariosa</i>	Hum.
POLYPODIACEAE	<i>Pleopeltis</i>	<i>guttata</i>	(Maxon) E.G. Andrews et Windham
PTERIDACEAE	<i>Cheilanthes</i>	<i>eatonii</i>	Baker.
RHAMNACEAE	<i>Ceanothus</i>	<i>caeruleus</i>	Lag.
	<i>Ceanothus</i>	<i>buxifolius</i>	Willd. ex Schult. f.
ROSACEAE	<i>Cercocarpus</i>	<i>fothergilloides</i>	Kunth.
	<i>Lindleya</i>	<i>mespiloides</i>	Kunth.
	<i>Purshia</i>	<i>plicata</i>	(D. Don) Henrickson.
	<i>Prunus</i>	<i>cercocarpifolia</i>	Villarreal.
RUBIACEAE	<i>Hedyotis</i>	<i>nigricans</i>	Lam.
SCROPHULARIACEAE	<i>Buddleja</i>	<i>scordioides</i>	Kunth.
VERBENACEAE	<i>Verbena</i>	<i>ciliata</i>	Benth.
	<i>Verbena</i>	<i>neomexicana</i>	A. Gray.

---

## ANEXO II

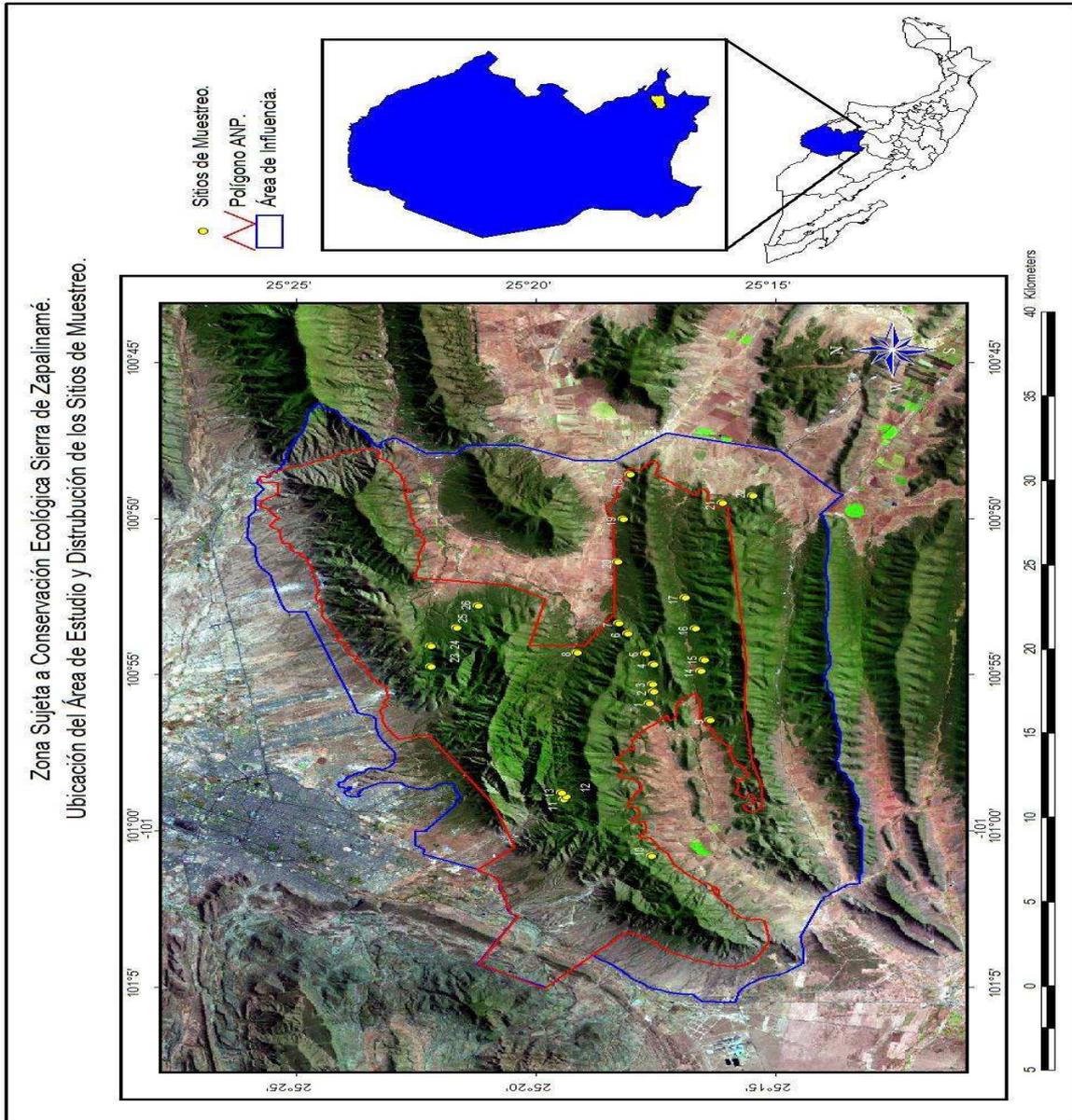
**Coordenadas geográficas y altitud de los sitios de muestreo dentro del bosque de pino piñonero de la Sierra de Zapalinamé.**

No. Sitio.	Coordenadas (WGS 84)		Altitud (m)
	X	Y	
1	25.2936222	-100.931869	2403
2	25.2922222	-100.925500	2434
3	25.2926389	-100.921472	2440
4	25.2921944	-100.911111	2160
5	25.2950556	-100.905111	2640
6	25.3013889	-100.894667	2473
7	25.3043056	-100.889194	2472
8	25.3187500	-100.904833	2291
9	25.2724444	-100.940944	2342
10	25.2930833	-100.013472	2277
11	25.3234167	-100.983000	2297
12	25.3226667	-100.981639	2336
13	25.3245000	-100.979500	2309
14	25.2757222	-100.914667	2387
15	25.2746111	-100.908500	2463
16	25.2777500	-100.891722	2559
17	25.2812222	-100.875528	2423
18	25.3005556	-100.809722	2167
19	25.3028611	-100.833389	2184
20	25.3046389	-100.856194	2202
21	25.2684167	-100.824778	2148
22	25.2577778	-100.821111	2207
23	25.3696111	-100.912389	2262
24	25.3698611	-100.901361	2390
25	25.3606944	-100.891333	2333
26	25.3533333	-100.879639	2263

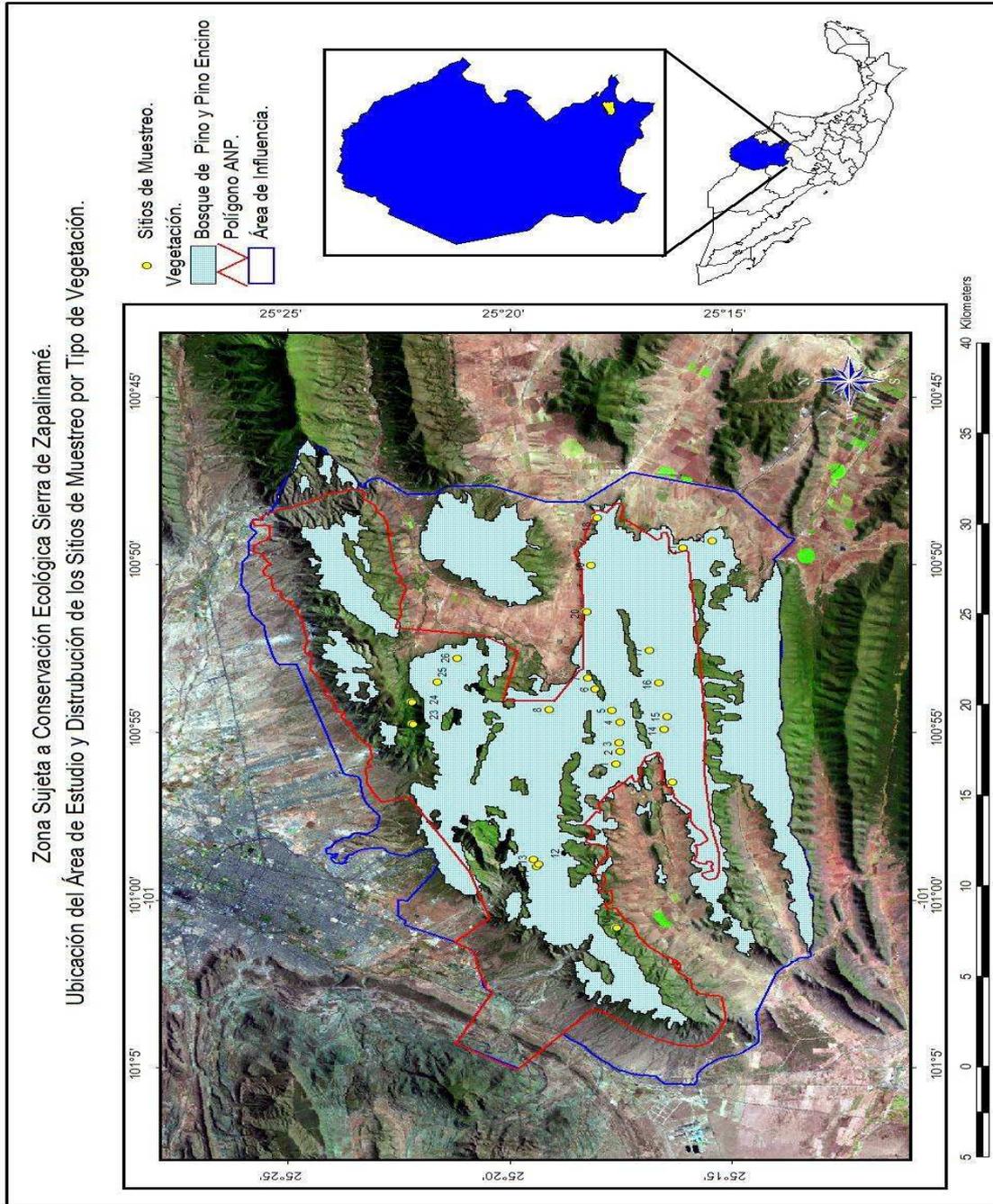
# ANEXO III

## CARTOGRAFICO

Mapa de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé con ubicación de los Sitios de Muestreo en el Bosque de Pino Piñonero.



**Mapa del Bosque de Pino y de Pino - encino de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé y la ubicación de los Sitios de Muestreo.**



**ANEXO IV**  
**FOTOGRAFICO**



*Localidad, El Pinabetal. Ejido Cuauhtémoc.*



*Localidad, Pino Gacho. Ejido Sierra Hermosa.*



*Ejido Sierra Hermosa. Ganado bovino pastoreando en bosque de piñonero.*



*Ejido El Cedrito. **Gymnosperma glutinosum.***



*Camino del Cuatro. Ejido Sierra Hermosa.*



*San José del Anheló. Ejido Cuauhtémoc.*



*Ejido Sierra Hermosa.*



*Ejido Sierra Hermosa.*



*Pino Gacho. Ejido Sierra Hermosa.*



*Pino Gacho. Ejido Sierra Hermosa.*



*Ejido Chapultepec.*



*Los Aguajes. Cañón de San Lorenzo.*



*Ejido Cuauhtémoc.*



*Bosque de piñonero y zona de transición con matorrales xéricos.*



*Pinus cembroides. Camino del Cuatro.*



*Plántula de Pinus cembroides. Localidad, Pino Gacho.*



*Toma de datos arbustivas. Ejido El Cedrito. **Gymnosperma glutinosum.***



*Toma de datos de arbustivas. Ejido Sierra Hermosa. **Juniperus erythrocarpa.***



*Toma de datos de arbustivas. Ejido Sierra Hermosa. **Juniperus erythrocarpa.***



*Toma de datos arbolado. Ejido Cuauhtémoc.*



*Peyotillo (**Echinocereus knippelianus**) San José del Refugio.*



*Cola de venado (**Turbinicarpus beguinii**). Ejido El Cedrito.*



*Magüey del monte (**Agave gentryi**). Ejido el Cedrito.*



*Helechos (**Pleopeltis gutata**). Camino del Cuatro.*



*Palma samandoca (**Yucca carnerosana**)  
Camino del Cuatro.*



*Espadin (**Agave striata**). Ejido Cuauhtémoc.*



*Sotol (Dasyllirion cedrosanum). Ejido Cuauhtémoc.*



*Lantrisco (Rhus virens). Ejido Cuauhtémoc.*



*Biznaga (Neolloydia conoidea). Ejido Cuauhtémoc.*