

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Estructura y Diversidad de los Bosques de *Quercus fusiformis* Small en el Noreste
de Coahuila, México

Por

CARLOS DANIEL VELASCO RODRÍGUEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Estructura y Diversidad de los Bosques de *Quercus fusiformis* Small en el Noreste
de Coahuila, México

Por


CARLOS DANIEL VELASCO RODRÍGUEZ

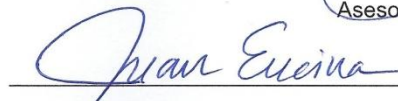
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Alejandro Zárate Lupercio
Asesor Principal


M.C. Juan Antonio Encina Domínguez
Coasesor


M.C. Héctor Darío González López
Coasesor


Dr. Gabriel Callegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2017

DEDICATORIA

Dedicado con todo mi cariño y amor a mis padres Oscar Velasco Aguilar y Rosa Isela Rodríguez López, ya que sin ustedes no habría podido lograr esta meta que me propuse hace 5 años. Porque gracias a su inmenso amor y confianza que en mi depositaron este gran sueño se ha hecho realidad y se lo debo a ustedes, por estar siempre conmigo apoyándome en cada instante de mi vida, motivándome a seguir adelante con firmeza y sobre todo con honestidad.

A mis hermanos Riki Endri Velasco Rodríguez y Kevin Alexis Velasco Rodríguez, por sus palabras de motivación y gran cariño, los quiero mucho y este trabajo va dedicado a ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la salud, protección y sabiduría en cada momento de mi vida.

A mi *Alma Mater*, mi querida casa de estudios, por ser una parte fundamental en mi desarrollo académico y concederme todas las facilidades para ser un profesionalista.

Al Departamento Forestal y a cada uno de los profesores que lo conforman, muchas gracias por haberme transmitido de su conocimiento y experiencias e inculcar en mí el ser mejor cada día.

Al M.C. Juan Antonio Encina Domínguez por su valioso tiempo en la elaboración del trabajo, así como sus consejos para la mejora del mismo, por brindarme su amistad y compartir conmigo su conocimiento, pero sobre todo por enseñarme el valioso hábito de la lectura y la investigación.

Al M.C. Héctor Darío González López por su apoyo en el desarrollo y revisión del presente trabajo.

Al Dr. Alejandro Zarate Lupercio por su apoyo en el desarrollo y revisión del presente trabajo.

Al Ing. Jorge Luis Velasco Velasco por todos los consejos que me has dado y por estar siempre pendiente de mí.

A la familia Ibarra Ruiz por la amistad de cada uno, me los llevo en el corazón, muchas gracias. En especial a la Ing. Velia Ibarra Ruiz y a sus hijas Karen y Karina por el cariño y hospitalidad que me brindaron en su hogar durante mi estancia en Saltillo.

A mis amigos de la carrera Miguel, David, Isidro, Oliver, Herlin, Cristóbal, Luis Enrique, Zoila, Eladio, Luisa, Yenifer, Trini, Jorge y Luis Reynaldo por el apoyo de cada uno y sobre todo su amistad.

A mis tíos, abuelos y primos por todas las muestras de cariño y afecto en todo momento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 El género <i>Quercus</i> en México	3
2.2 Importancia de los bosques de encino	4
2.3 Los bosques de encino en México	5
2.4 Los bosques de encino en Coahuila	6
2.5 Aspectos ecológicos de los bosques de encino	7
2.6 Aspectos estructurales de los bosques de encino en México	8
2.7 Influencia humana sobre los bosques de encino en México	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1 Descripción y localización del área de estudio.....	10
3.1.1 Fisiografía.....	11
3.1.2 Geología y Edafología	11
3.1.3 Hidrología superficial	12
3.1.4 Clima	12
3.1.5 Vegetación.....	12
3.2 Metodología.....	13
3.2.1 Diseño y muestreo de la vegetación.....	13
3.2.2 Evaluación de la calidad de muestreo	14

3.2.3	Clasificación de los bosques de encino estudiados	14
3.2.4	Análisis de la estructura de la vegetación.....	15
3.2.5	Cálculo de la diversidad.....	16
4.	RESULTADOS	18
4.1	Composición florística	18
4.2	Riqueza estimada.....	19
4.3	Clasificación de los bosques de encino en el noreste de Coahuila	20
4.4	Distribución diamétrica del estrato arbóreo en el bosque de encino	21
4.5	Aspectos estructurales de los bosques de encino en el noreste de Coahuila	22
4.6	Diversidad y riqueza de los bosques de encino del noreste de Coahuila.....	28
5.	DISCUSIÓN	30
5.1	Composición florística	30
5.2	Riqueza estimada.....	31
5.3	Aspectos estructurales de los bosques de encino en el noreste de Coahuila	32
5.4	Diversidad y riqueza de los bosques de encino del noreste de Coahuila.....	34
6.	CONCLUSIONES	35
7.	LITERATURA CITADA	36
8.	ANEXOS	45

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Aspectos estructurales del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo en el bosque de encino con dosel abierto.....	23
Cuadro 2. Aspectos estructurales del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo en el bosque de encino con dosel cerrado.....	26
Cuadro 3. Índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), Dominancia de Simpson (D), uniformidad de Pielou (E) y riqueza de especies en los dos bosques de encino.....	29
Cuadro 4. Diversidad de especies en el estrato herbáceo y arbustivo de los bosques de encino.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del área de muestreo.....	11
Figura 2. Diseño de parcelas de muestreo.....	14
Figura 3. Familias con mayor número de géneros y especies en el noreste de Coahuila.	19
Figura 4. Curva de acumulación de especies mediante el ajuste de la ecuación de Clench.	20
Figura 5. Agrupación de los sitios de muestreo ubicados en el noreste de Coahuila.	21
Figura 6. Distribución diamétrica de las especies arbóreas del bosque de encino. ..	22

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la estructura y composición de especies en bosques de *Quercus fusiformis* en el noreste del estado de Coahuila se realizó un muestreo selectivo a través de 62 sitios concéntricos. Se establecieron parcelas de 1000 m², 100 m² y 4 m² donde se cuantificaron árboles, arbustos y hierbas respectivamente. Se realizó un análisis de conglomerados para la clasificación de bosques de encino. Para cada estrato se calcularon los atributos básicos de la vegetación como densidad, frecuencia y cobertura, con los valores relativos se calculó el Valor de Importancia Relativa (VIR) para cada especie en los tres estratos. Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener, dominancia de Simpson y equitatividad de Pielou para cuantificar la diversidad. Se analizaron y compararon las diferencias entre los estratos arbustivo y herbáceo con la prueba de *t* para el índice de diversidad. La flora está integrada por 91 especies, las familias con mayor riqueza son Asteraceae, Poaceae y Fabaceae. El análisis de conglomerados identificó dos condiciones del bosque de encino; con dosel cerrado y dosel abierto. La prueba de *t* indica diferencias altamente significativas ($P > 0.001$) en el índice de diversidad para cada estrato en las dos condiciones del bosque de encino. La mayor diversidad se presenta en el bosque con dosel abierto en los estratos arbustivo y herbáceo. *Quercus fusiformis* es la especie dominante en la estructura de los dos bosques: bosque con dosel abierto (VIR = 93.20%, área basal 10.84 m² ha, densidad 201 ind.ha⁻¹) y bosque con dosel cerrado (VIR = 95.20%, área basal 9.70 m² ha⁻¹, densidad 410 ind.ha⁻¹). La estructura diamétrica del bosque estudiado, es el resultado de la influencia humana, a través de aprovechamientos forestales de tipo selectivo, lo que condiciona una elevada densidad de arbolado juvenil. La apertura de dosel es una condición que influye en la humedad disponible, la cual determina una mayor riqueza y diversidad de especies.

Palabras clave: apertura de dosel, densidad, índices de diversidad, vegetación.

ABSTRACT

With the aim to determine the structure and species composition in oak forest of *Quercus fusiformis* in the northeastern of Coahuila state, a selective sampling was performed through 62 concentric sites. Plots of 1,000 m², 100 m² and 4 m² were established where trees, shrubs and grasses were quantified respectively. A cluster analysis was performed for the classification of oak forests. For each stratum the attributes of vegetation were calculated as density, frequency and coverage, with the relative values Relative Importance Value (VIR) was calculated for each species in the three strata. Shannon-Wiener diversity index, Simpson dominance and Pielou equitability were calculated to quantify diversity. The differences between the shrub and herbaceous strata were analyzed and compared with the *t* test for the diversity index. The vascular plants are integrated by 91 species. The families with the highest number of genera and species are Asteraceae, Poaceae and Fabaceae. The cluster analysis identified two conditions of the oak forest; with closed canopy and open canopy. The *t*-test indicates highly significant differences ($P > 0.001$) in the diversity index for each stratum in the two oak forest conditions. The greatest diversity occurs in the forest with open canopy in the shrub and herbaceous strata. *Quercus fusiformis* is the dominant species in the structure of the two forests: open canopy forest (VIR = 93.20%, basal area 10.84 m² ha, density 201 ind.ha⁻¹) and closed canopy forest (VIR = 95.20%, basal area 9.70 m² ha⁻¹, density 410 ind.ha⁻¹). The diameter structure of forest is the result of human influence, through selective forest use, which conditions a high density of juvenile trees. Canopy opening is a condition that influences the available moisture, which determines a greater richness and diversity of species

Key words: canopy opening, density, indexes of diversity, vegetation.

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques de encino son comunidades propias de las regiones templadas y subtropicales del hemisferio norte (Nixon, 1993), y en particular de las zonas montañosas de México (Rzedowski, 2006). Las áreas con mayor diversidad de especies del género *Quercus* se presentan en el centro y sur del país (Nixon, 1993). Estos bosques cubren el 5.5% de la superficie total del país, presentando la mayor riqueza de especies en un intervalo altitudinal de 1,200 a 2,800 m (Rzedowski, 2006). México es el centro de diversidad de los encinos en el hemisferio occidental (Nixon, 1993), en el país se han registrado 161 especies, de las cuales 109 son endémicas (Valencia-A, 2004). Para el estado de Coahuila se citan 31 especies (Encina y Villarreal 2002).

En la Planicie Costera del Golfo en el noreste de Coahuila se presentan bosques de encino y nogal situados a lo largo de los ríos San Rodrigo, San Diego, Escondido y Arroyo de las Vacas en la planicie costera nororiental dominados por *Quercus fusiformis* y *Carya illinoensis*, a una altitud de 270 a 350 m, donde la influencia humana ha ocasionado una baja regeneración, además de fragmentación de estas comunidades, lo que ha permitido la colonización de especies xerófitas del matorral tamaulipeco (Encina-Domínguez *et al.*, 2011).

En el país la recurrencia de la falla en los componentes de manejo que se le han aplicado a los bosques ha dado lugar a procesos de degradación por lo que se ha llevado a una disminución en su distribución, ejemplo de esto son los bosques ubicados en la Sierra de Manantlán, Oaxaca que se han reducido de un 47% a 27% de su totalidad (Chapela, 2012) haciendo que los bosques estén desapareciendo rápidamente y acelerando el ritmo de deforestación en las zonas boscosas. Esto significa, entre otras cosas, la desaparición de estos ecosistemas que albergan una enorme biodiversidad (Anónimo, 2009).

Esta rápida disminución de las comunidades vegetales es una de las causas de que en México se le esté dando gran importancia a los inventarios florísticos y revisiones taxonómicas, debido a que se desconoce la mayor parte de los elementos que constituyen la diversidad florística del país (Toledo, 1994).

Los bosques de encino dominados por *Quercus fusiformis* ubicados en el noreste de Coahuila están bajo presión debido a la continua influencia humana, la cual realiza el cambio de uso del suelo para establecer áreas agrícolas, aprovechamiento de carbón mineral, además de la ganadería extensiva, lo que ha modificado la composición y estructura de esta vegetación, además de que ha contribuido a reducir su extensión. Por lo anterior, se considera importante el conocimiento estructural y ecológico de los bosques de encino para proponer acciones para su manejo y conservación.

1.1 Objetivo general

- Determinar la estructura y composición de los bosques de encino dominados por *Quercus fusiformis* Small en el noreste del estado de Coahuila.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El género *Quercus* en México

El género *Quercus* tiene más de 400 especies distribuidas en el hemisferio norte (Marañón, 2011), siendo el más grande de la familia Fagaceae y muy bien representado en México (González, 1993; Santacruz y Espejel, 2004; Villarreal *et al.*, 2008) con un total de 161 especies de encinos divididas en tres secciones, perteneciendo 76 especies a la sección *Erythrobalanus* (encinos rojos), 81 en la sección *Leucobalanus* (encinos blancos) y 4 en la sección *Protobalanus* (encinos intermedios) (Valencia-A, 2004), teniendo al país como centro de diversificación y mayor núcleo de riqueza ya que 109 especies se ubican como endémicas, es decir un 68% del total que se encuentra en el continente americano, siendo las partes altas del centro y este del país las zonas de diversidad y evolución de este grupo taxonómico (Arizaga *et al.*, 2009).

Este número de especies distribuidas en México varía de acuerdo a las regiones geográficas, teniendo pocas especies de distribución amplia de tal manera que la mayor riqueza se presenta en la parte central, sin embargo, el grupo de encinos blancos tienden a distribuirse en zonas más secas y los rojos en las más húmedas (Zavala, 1998). Esta alta diversidad del género se refleja en el complejo montañoso de la Sierra Madre Occidental donde se registran 54 especies lo que representa un 34% del total nacional (González-Elizondo *et al.*, 2012).

A nivel estado la mayor riqueza de encinos la ocupa Oaxaca (48 especies), seguido de Nuevo León (47), Jalisco (45), Chihuahua (40) y en último lugar Veracruz (38), destacando las especies de mayor distribución en México: *Quercus candicans*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. laeta*, *Q. microphylla*, *Q. obtusata* y *Q. rugosa* (esta última presenta mayor distribución en el país) (Valencia-A, 2004; Vargas y González, 2008), al igual también se presentan especies por su naturaleza restringida a una o pocas entidades del país, como son: *Q. benthamii*, *Q. queronae*, *Q. brandegei*, *Q. cupreata*, *Q. insignis*, *Q. orizabae*, *Q. praeco*, entre muchas otras (Zavala, 2002).

2.2 Importancia de los bosques de encino

La importancia de los bosques de *Quercus* en México radica principalmente en el hecho de que junto con los miembros del género *Pinus* constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas de clima templado y semihúmedo; sin embargo, no solo se limitan a estas condiciones, ya que también se encuentran en regiones de clima cálido formando bosques, haciendo presencia en las zonas semiáridas como parte del matorral xerófilo, donde su hábito de crecimiento es de tipo arbustivo (Rzedowski, 2006). Así mismo, esta comunidad vegetal alberga una gran cantidad de organismos ya sean hongos, insectos y plantas haciendo una compleja red de interacciones (Anónimo, 2010), distinguiendo a los bosques de encino como buenos hospederos de epífitas, que varían desde líquenes y musgos hasta plantas de gran tamaño (Rzedowski, 2006).

Para la fauna silvestre en este tipo de bosque encuentran un ambiente óptimo para desplazarse, habitar o frecuentar, ya que son fuente de alimento, agua y refugio (Reyes, 2006), principalmente son ecosistemas hospitalarios para diversas especies de aves (Rose *et al.*, 2012). Algunas especies de animales, como ciertas ardillas (*Sciurus* sp.), guajolotes (*Meleagris gallopavo*) y venados (*Odocoileus virginianus*), dependen de las bellotas de los encinos para su alimentación en ciertas temporadas (Zavala, 2001). Para los bosques de *Quercus humboldtii* la fauna asociada contempla especies de aves comprendida en su mayoría por insectívoros, mamíferos (herbívoros e insectívoros), anfibios y reptiles (Saénz-Jiménez, 2010).

Por otra parte, este tipo de bosques provee de servicios ambientales, dado que producen oxígeno, capturan bióxido de carbono reducen la erosión del suelo, infiltran el agua al subsuelo y regulan la temperatura atmosférica (Arizaga *et al.*, 2009). Además, por los usos actuales que se le dan a la madera (leña y carbón) y los potenciales (obtención de celulosa, forraje, medicinal reforestación y ornato), es decir los usos no maderables, hacen del género *Quercus* uno de los de mayor importancia económica (Zavala 1995; Luna-José *et al.*, 2003).

2.3 Los bosques de encino en México

Los encinares son muy característicos de las zonas montañosas, por lo que se encuentran en la mayoría del territorio mexicano a excepción de Yucatán y Quintana Roo ocupando un 5.5% del total de la superficie del país (Rzedowski, 2006). Debido al conjunto de condiciones edáficas y climáticas que presenta México, se encuentran bosques caducifolios hasta perennifolios, así como de porte bajo y alto, en ocasiones mezclándose con otro tipo de vegetación o formando bosques cuyos dominantes son una o varias especies de encinos (Zavala, 2000).

Para la biosfera de la Michilía en Durango, los bosques de encino son comunidades abiertas y semiabiertas de *Quercus grisea* y *Q. eduardii* (González-Elizondo *et al.*, 1993). En la parte norte de Oaxaca existen diversos bosques de *Quercus*, en la región de Tepelmeme, de la Mixteca Alta son encinares de tipo xerófilo, medianamente cerrados donde las especies dominantes más frecuentes son *Q. castanea* y *Q. rugosa* (Rzedowski, 2006), en Tlaxcala este tipo de comunidad se desarrolla sobre cerros y lomeríos con especies de *Quercus crassipes*, *Q. laeta*, *Q. rugosa* y *Q. laurina* (Santacruz y Espejel, 2004). Mientras que en el estado Veracruz el bosque de encino cubre un 0.78% (Márquez y Márquez, 2009), dominados por bosques abiertos de *Quercus oleoides* (Alan y Martínez, 2010).

En la Sierra Madre Occidental está representada por tres tipos de encinares, que cubren casi el 14% del macizo montañoso: bosque bajo abierto, los de climas templados y los de afinidad tropical. La asociación más importante de este tipo de ecosistemas es *Quercus sideroxyla* – *Q. rugosa*, además de otras especies que se desarrollan en los diferentes rangos altitudinales (*Q. fulva*, *Q. mcvaughii*, *Q. scytophylla*, *Q. candicans*, *Q. viminea*, etc.) (González-Elizondo *et al.*, 2012).

2.4 Los bosques de encino en Coahuila

Algo característico del clima de Coahuila es su aridez, por lo contrario, en las zonas montañosas está representado por un clima templado, esto hace que permita el desarrollo y crecimiento de comunidades de encinos, haciendo que la flora de este grupo taxonómico en este estado comprenda 31 especies (Encina y Villarreal, 2002) teniendo la mayor diversidad en las sierras del noreste y las del sureste (Villarreal *et al.*, 2008).

Para el estado la región montañosa que tiene mayor diversidad de encinos es la Sierra del Carmen, que contiene 16 especies, de las cuales seis tienen una distribución restringida al área del estado y regiones circunvecinas (Villarreal *et al.*, 2008). Del total de especies reportadas para este género un 67% corresponde para la sección de encinos rojos y un 33% para los encinos blancos. Las especies registradas para la entidad ocho presentan sus mayores poblaciones en la Sierra Madre Oriental, particularmente en la subprovincia de la Sierra Plegada, mientras que 23 especies extienden su distribución a las sierras de Coahuila, teniendo a *Quercus fusiformis* el único encino presente en la provincia fisiográfica de la Planicie Costera al Noreste (Encina y Villarreal, 2002).

Para la Sierra de Zapalinamé, en el sureste del estado se describen bosques de encino en sitios con mayor humedad, como los fondos de los cañones y las laderas bajas con exposición norte en donde la asociación dominante es de *Quercus greggii* – *Q. mexicana* (Encina *et al.*, 2007), ocupando las mayores densidades para el lugar con individuos de *Quercus saltillensis*, *Q. laeta*, *Q. mexicana* y *Q. greggii* (Encina *et al.*, 2009).

2.5 Aspectos ecológicos de los bosques de encino

Los bosques de encino se presentan en la Sierra Madre Occidental y Oriental en un intervalo altitudinal de 1,200 a 2,800 m, en suelos con un pH de 5.5-6.5 con abundante materia orgánica (Rzedowski, 2006). Se distribuyen en las regiones templadas, según sea la especie, prosperando en suelos fértiles (García, 2012) con una temperatura media anual de 10 a 26 °C y precipitación mayor a 350 mm anuales (López, 2009).

Además de convivir con especies del género *Pinus* en las áreas montañosas también se asocian con los bosques de *Abies* en bosque mesófilo y en regiones semiáridas convive con pastizales (González, 1986). Sin embargo, también se encuentran con otras especies de árboles como, *Alnus*, *Juniperus*, *Cupressus*, *Juglans*, *Populus*, *Pseudotsuga*, entre otros (Rzedowski, 2006).

En general son comunidades densas en las que domina un solo estrato arbóreo, en la que su apariencia depende mucho de la especie de encino que lo represente; así se observa que en climas húmedos los árboles tienen hojas más grandes que los árboles de climas secos. Algunos *Quercus* pueden ser caducifolios, pero el periodo de pérdida de las hojas generalmente es corto, por lo que la comunidad siempre se mantiene verde (Alan y Martínez, 2010).

Del total de encinos registrados en el país muy pocos se encuentran en ecosistemas tropicales y semitropicales, de tal forma que su distribución está regida de acuerdo a las características climáticas, fisiográficas (Arizaga *et al.*, 2009), dominancia de especies, características del ambiente físico y composición florística; tal es el caso de algunos encinares que se agrupan de acuerdo a las características anteriores como los son: los húmedos, subhúmedos, de cañada y los encinares secos (Zavala-Chávez y García-Sánchez, 1999).

2.6 Aspectos estructurales de los bosques de encino en México

La estructura de los encinares varía ya que pueden presentarse desde matorrales chaparros con apariencia de arbustos, formaciones de bosquecillos con individuos de 3 a 5 m hasta las formaciones de bosques de 8 a 15 m, además de que las poblaciones más abundantes y frecuentes (constituidos por *Quercus castanea*, *Q. magnoliifolia* y *Q. resinosa*) se asocian con especies del género *Pinus* (González, 1986) o sistemas mixtos en el que coincide con especies de *Liquidambar* (Kappelle, 2005).

Así Bello y Labat (1987) clasificaron a las comunidades de encino del estado de Michoacán en: comunidades xerófilas que se desarrollan al norte del estado entre 2000 y 2600 m s.n.m, comunidades mesófilas de la Cordillera Neovolcánica y las de la Sierra Madre Sur entre 2000 y 23500 m de altitud y comunidades termomésofilas de baja altitud, entre 1000 y 2000 m, en el sur de la cordillera neovolcanica y en la Sierra Madre Sur, teniendo un total de 4 a 7 especies de importancia o dominantes para cada comunidad.

Martínez-Cruz *et al.*, (2009) describe cuatro asociaciones de encinar en el oriente de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato. La asociación *Quercus potosina*-*Q. castanea* registra la mayor riqueza (29 especies) y el menor número de individuos por ha⁻¹ (650). Por el contrario, la asociación de *Q. laurina*- *Q. rugosa* presenta solo 12 especies y la asociación *Q. potosina*- *Q. eduardii* es la de mayor equidad. Mientras que en la Sierra Zapalinamé se reconocen dos asociaciones: bosque de *Q. greggii*-*Q. mexicana* y bosque de *Q. saltillensis*- *Q. laeta* donde la segunda asociación presenta mayor diversidad, así como la mayor riqueza de hierbas y arbustos (Encina *et al.*, 2007).

Para los altos de Chiapas se encontró que las especies *Quercus laurina*, *Q. crassifolia* y *Q. rugosa* presentan dominancia en el dosel superior con pocos individuos de *Pinus* spp (Quintana-Ascencio y González-Espinoza, 1993).

2.7 Influencia humana sobre los bosques de encino en México

Para los encinares del país, debido al clima y suelo que caracteriza su zona de distribución, han sido afectados por las actividades antropogénicas, ya que son sitios favorables para la agricultura, la ganadería y el desarrollo de asentamientos humanos (Alan y Martínez, 2010) ocasionando que muchas especies de encino sean amenazadas, principalmente por cambios de uso de suelo (Oldfield y Eastwood, 2007). Para los bosques del Cañón de Iturbide, Nuevo León entre las principales amenazas que enfrentan, están las actividades forestales no reguladas que ejercen extracción selectiva de especies de importancia forestal (especies de encino), incendios no controlados y apertura de tierras agrícolas (Arriaga-Cabrera *et al.*, 2000)

En Los Altos de Chiapas la agricultura tradicional y la extracción forestal han sido factores de disturbio para estos bosques, ya que se realiza mayor remoción a su cobertura para hacer inducción y dominancia de los pinos (González-Espinosa, 2009). En el caso de Michoacán el principal factor de disminución de superficie de los encinares es debido al cambio de uso de suelo para el establecimiento (INIFAP-SAGARPA, 2012).

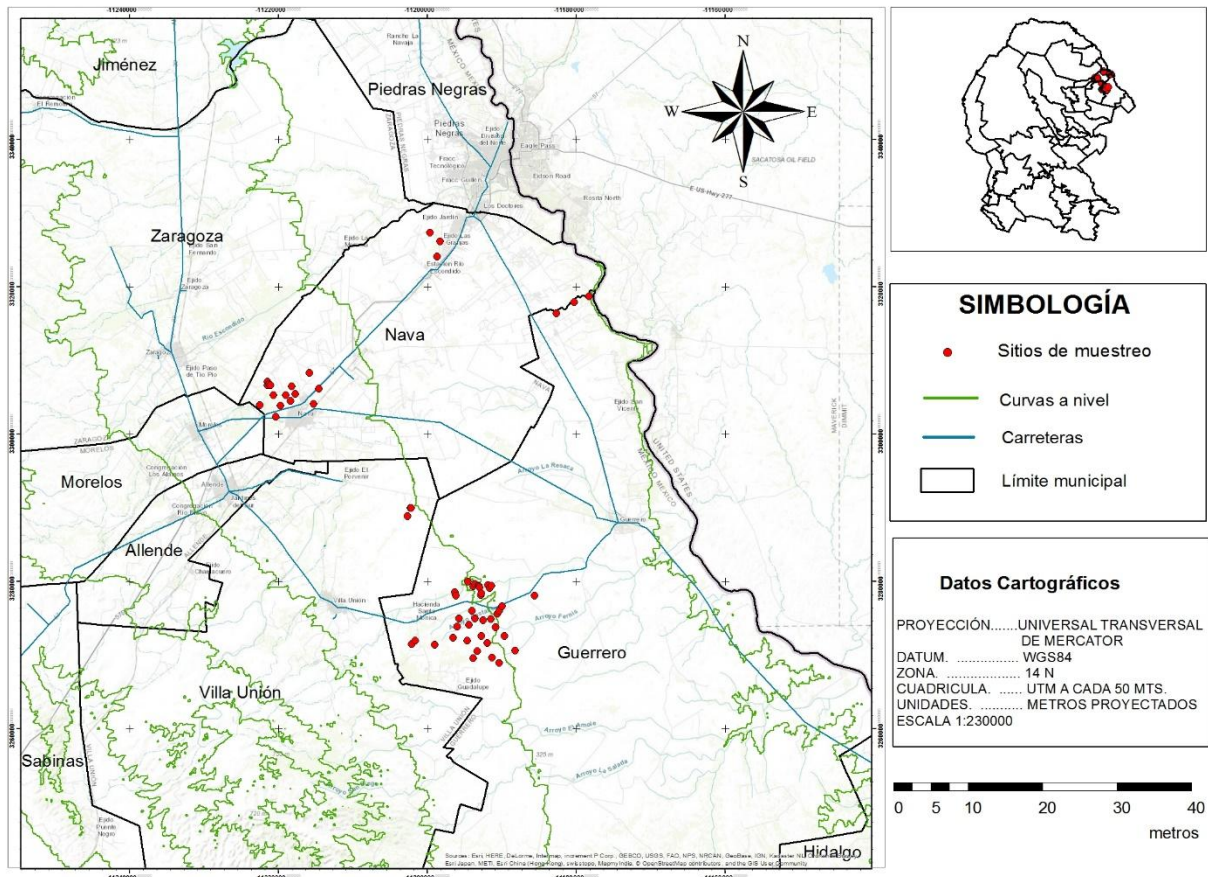
Otra de las situaciones que aqueja a esta comunidad vegetal es el tipo de manejo, ya que en aspectos de producción se ha planteado su eliminación por ser poco comercial e indeseable (Chapela, 2012). Para la actividad ganadera, otra de las causas que afecta a estos bosques, ha llegado a disminuir algunas poblaciones a tal grado de reducir su cobertura, tal es el caso de *Quercus tomentella* que es endémica del país ubicada en las islas Guadalupe, Baja California (SEMARNAT, 2007) similar a los bosques presentes en Tejupilco de Hidalgo con la especie *Q. hintonii* por ser asociado con actividades de extracción de leña para el comercio y autoconsumo (Reyes, 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción y localización del área de estudio

El área de estudio se ubica en el noreste del estado Coahuila (Figura 1), en los municipios Guerrero, Nava y Villa Unión. Esta región forma parte de la provincia fisiográfica de las Grandes Planicies de América del Norte (INEGI, 1983). En Coahuila, el área comprendida dentro de esta provincia fisiográfica es de 25.665 km²; su límite norte es el Río Bravo y al oeste con la Sierra Madre Oriental. La región se caracteriza por presentar llanuras abiertas, con colinas suaves y dispersas, con elevaciones que oscilan entre 250 y 500 m s.n.m.

De acuerdo con Rzedowski (2006) el área de estudio se localiza dentro de la provincia florística de la Planicie Costera del Noreste que incluye el norte y este del estado de Nuevo León, todo el territorio del estado de Tamaulipas, el noreste de



Coahuila y partes adyacentes de Texas (González-Medrano, 1985).

Figura 1. Ubicación del área de muestreo

3.1.1 Fisiografía

La región ubicada en el noreste de Coahuila corresponde a la provincia fisiográfica de las Grandes Llanuras de Norteamérica que se extiende desde México hasta Canadá, aunque la mayor parte de su área se localiza en los Estados Unidos de América. En su mayoría se constituye por una sucesión de llanuras y lomeríos con elevaciones superiores a los 1,000 m s.n.m al poniente, mientras que al oriente están alrededor de los 500 m s.n.m. muestra un relieve suave. Dentro del territorio de México forma una pequeña subprovincia ubicada al sur del río bravo, llamada Llanuras de Coahuila y Nuevo León, donde se presenta un relieve relativamente plano con lomeríos alternados (INEGI, 2008, 2009; de la Lata, 2011).

3.1.2 Geología y Edafología

La columna geológica de la zona está constituida por rocas sedimentarias marinas del Cretácico que afloran en la Sierra del Burro y hacia la planicie de Allende-Piedras Negras se encuentran cubiertas por un conglomerado del Terciario y Cuaternario comprendiendo principalmente al periodo Cuaternario en más del 50% seguido del Cretácico y Neógeno. Está compuesta en su mayoría por roca sedimentaria, tales como conglomerados, lutita-arenisca, caliza-arenisca y caliza. De acuerdo con los cortes litológicos del subsuelo, en su parte superior se constituye de sedimentos aluviales y fluviales (INEGI, 2009; CONAGUA, 2015).

Debido a las condiciones climáticas y fisiográficas, los suelos predominantes en la región son propios de climas secos y semisecos que incluyen una capa de piedra caliza en el subsuelo; de color marrón o gris y tienen bajo contenido de materia orgánica. Las unidades de suelo más extensas son xerosoles cálcicos; xerosoles háplico y regosoles calcáricos de textura media, estos son suelos de color claro y pobre en materia orgánica y el subsuelo es rico en arcilla o carbonatos, con baja susceptibilidad a la erosión. En las colinas predominan los litosoles de textura media que pueden estar asociados a grados variables con los regosoles calcáricos (Anónimo, 2001).

3.1.3 Hidrología superficial

Esta zona forma parte de la región hidrológica RH-24 "Bravo-Conchos" (superficie del 63.22% del estado) dentro de la cuenca Río Bravo-Piedras Negras que posee una extensión aproximada de 95,221 km² (Reyes, 2005) abarcando tres corrientes principales: río San Antonio, San Rodrigo y San Diego en donde los escurrimientos van de 20 a 50 mm anuales, una precipitación media de 555 mm y un volumen de escurrimiento de 513 mm³ (INEGI, 1986). Dentro de la región se cuenta con subcuencas intermedias las cuales son: Río Bravo-Arroyo San Antonio, Río Bravo-Río San Rodrigo, Río Bravo-Río San Diego y Río Bravo-Arroyo Las Vacas (INEGI, 1983).

3.1.4 Clima

El clima predominante es de tipo BS0h '(x)', es decir, seco, cálido a semihúmedo, con temperatura media anual mayor a 22°C y amplias fluctuaciones térmicas. La precipitación media anual fluctúa de 350 a 500 mm y se distribuye uniformemente a lo largo del año con régimen de lluvias en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y escasas en noviembre y diciembre (Anónimo, 2001), asimismo se presentan dos tipos de climas diferentes para la región BS0h(x') y BS1hw (45% y 8% del territorio) variando el rango de temperatura entre 18 y 22°C, siendo el primero con mayor cobertura en la zona con un 47% (CONABIO, 2012).

3.1.5 Vegetación

En la zona de estudio los principales tipos de vegetación se encuentran mayormente representado en la parte baja como media por el matorral espinoso tamaulipeco en donde las asociaciones más frecuentes son las de *Acacia ridigula* - *Leucophyllum frutescens* - *Prosopis glandulosa* cubriendo la mayor parte de esta región (61%), mientras que el matorral submontano predomina en zonas de la Sierra del Burro (6%) con especies de 1 a 3 m de altura (*Quercus invaginata*, *Cercocarpus montanus*, *Acacia berlandieri*, *Mimosa biuncifera*, *Sophora secundiflora*,

Eysenhardtia texana, entre otras.), además se desarrollan pequeñas comunidades de matorral desértico rosetófilo (3%) con especies que presentan hojas en forma de roseta (*Agave lechuguilla*, *Dasyllirion cedrosanum*, *Tiquilia greggii*, *Parthenium incanum*, *Hechtia texensis*, *Viguiera stenoloba*, etc.) así como en menor proporción se encuentran bosques de encino (3%), y pastizales naturales (1%) (Villarreal y Valdés, 1992-93; CONABIO, 2012)

3.2 Metodología

3.2.1 Diseño y muestreo de la vegetación

Se establecieron 62 sitios de manera selectiva dentro de bosques de encino. El muestreo de la vegetación se realizó con el método de parcela en sitios concéntricos. La información de árboles se tomó en sitios de 1000 m², para arbustos se utilizó una parcela 100 m², y para las herbáceas se evaluaron en parcelas de 4 m² (ver figura 2). En cada sitio de muestreo se cuantificó la altura y cobertura de copa de las especies presentes. Para el caso de árboles se midió el diámetro a 1.30 m. En cada sitio de muestreo se registró la altitud (tomada de un altímetro-barómetro), apertura del dosel, además de observaciones sobre impactos debido a la influencia humana.

Se recolectaron muestras botánicas que posteriormente se herborizaron, identificaron e incluyeron en el herbario ANSM (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Para la obtención del listado florístico se contabilizó el número de especies, se ordenaron por géneros, para después integrarlas por familia.

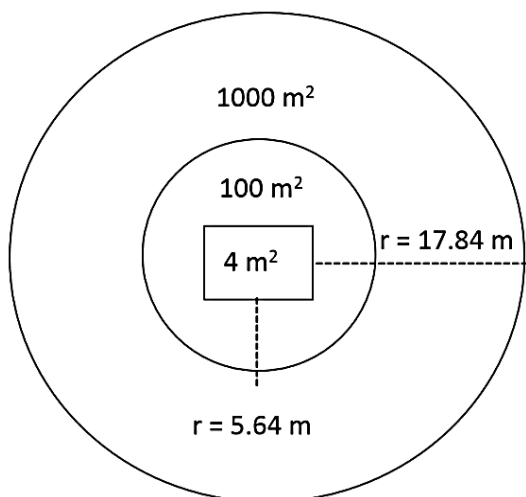


Figura 2. Diseño de parcelas de muestreo

3.2.2 Evaluación de la calidad de muestreo

Para la elaboración de la curva de acumulación de especies (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003) se utilizaron los programas Estimates v.8.2 y Statistica v.12 y la función de acumulación de Clench (Soberón y Llorente, 1993), la cual predice la riqueza de un sitio como el total de especies y es donde la curva de acumulación alcanza la asíntota.

$$R_{total} = \frac{ax}{1 + bx}$$

Dónde:

R_{total} = Riqueza total; a y b = parámetros de la ecuación; x = número de sitios.

Ya obtenida la derivada de la función de Clench se analizó la calidad del inventario, a partir de proporciones superiores al 70% la estimación de la riqueza se hace estable (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$Fr = \frac{S_{obs}}{a/b}$$

Dónde:

Fr = Proporción de la flora registrada; S_{obs} = especies observadas; a y b = parámetros de la ecuación.

3.2.3 Clasificación de los bosques de encino estudiados

Para la clasificación de la comunidad vegetal se utilizó el análisis de conglomerados a través del método de Ward (1963) (Varianza mínima), mediante la técnica de Clasificación Jerárquica Polietética Aglomerativa con ayuda del programa PAST (Paleontological Statistics) v.3.15 (Hammer, 2017).

Con los datos de densidad de 91 especies diferentes se preparó una matriz de similitud-disimilitud para los 62 sitios. La matriz de similitud de distancias se usó para realizar el análisis de conglomerados (Cluster Analysis).

En la clasificación de cobertura de copa se utilizaron los siguientes criterios:

Para bosques cerrados la cobertura de copa debe cubrir la mayor parte del terreno, alrededor del 60% con una capa discontinua y no muy densa de pasto, con diferentes alturas en el estrato arbóreo. Para los bosques abiertos, la cobertura de copa debe cubrir el terreno al menos un 40%, con un estrato continuo de matorral y pasto.

3.2.4 Análisis de la estructura de la vegetación

La estructura horizontal cuantitativa del estrato arbóreo se analizará en términos del área basal y densidad en las categorías mayores de 5 cm de diámetro a 1.30 m. Para cada uno de los estratos se calcularán los atributos de abundancia, frecuencia, cobertura absoluta y relativa por especie, a partir de esto se realizará la sumatoria para la obtención del Índice de Valor de Importancia (Mueller - Dombois y Ellenberg, 1974). Para lo cual se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$\text{Densidad absoluta} = \frac{\text{Número de individuos de la especie } i}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Número de individuos de la especie } i}{\text{Total de individuos}} * 100$$

$$\text{Cobertura absoluta} = \frac{\text{Cobertura de copa de la especie } i}{\text{Área muestreada}}$$

$$\text{Cobertura relativa} = \frac{\text{Cobertura por especie}}{\text{Cobertura total}} * 100$$

$$\text{Frecuencia absoluta} = \frac{\text{Número de sitios con la especie } i}{\text{Número total de sitios}}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Frecuencia de la especie } i}{\text{Total de las frecuencias}} * 100$$

Con los valores relativos obtenidos se calcula el Valor de Importancia Relativa mediante la siguiente fórmula:

$$V. I. R = \frac{\text{Densidad rel.} + \text{Frecuencia rel.} + \text{Dominancia rel.}}{3}$$

3.2.5 Cálculo de la diversidad

Índice de Simpson

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies (Moreno, 2001).

Este índice expresa la probabilidad de que los individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies dominantes (Magurran, 1998).

$$D = \sum p_i^2$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de Shannon-Wiener

Este índice considera que los individuos se muestran al azar a partir de una población indefinidamente grande y que todas las especies que componen la comunidad o hábitat están representadas en la muestra. El valor de este índice suele hallarse entre 1.5 y 3.5 y en muy pocas ocasiones sobrepasa 4.5. (Martella *et al.*, 2012). También adquiere el valor de cero cuando solo hay una especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1998). Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$H = - \sum pi * Ln (pi)$$

Dónde:

pi = proporción de las especies (n_i/N), N = número total de individuos, n_i = número de individuos de la especie i , Ln = Logaritmo natural de pi

Índice de Pielou

Este índice se basa en la relación existente entre la diversidad observada y la diversidad máxima, Pielou adopta valores entre 0 y 1, el número 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y 0 señala la ausencia de uniformidad (Martella *et al.*, 2012). Este índice se obtiene mediante la siguiente formula:

$$E = \frac{H}{Ln (S)}$$

Dónde:

H = índice de diversidad de Shannon y S = número de especies (o riqueza)

En la estimación de la diversidad se utilizaron logaritmos naturales, por lo cual el índice se expresa en “nats” y la riqueza de especies fue medida en términos del número de especies, ya que es un indicador sencillo y fácilmente interpretable de la diversidad biológica (Peet, 1974). Además, se realizó la prueba de t (Hutcheson, 1970) para el índice de Shannon-Wiener (Magurran, 1988) en los bosques de encino, así como en los dos estratos (herbáceo y arbustivo) y comparar las diferencias estadísticas entre ellas con el programa PAST (Hammer, 2017).

4. RESULTADOS

4.1 Composición florística

La flora vascular para el noreste de Coahuila se integra por 91 especies, comprendidas en 34 familias y 81 géneros. Las familias con mayor número de especies son: Asteraceae (13 especies), Poaceae (13), Fabaceae (12), Malvaceae (5) y Euphorbiaceae (5) (ver Figura 3). El género más prominente es *Acacia* (5 especies) seguido de *Bouteloua*, *Celtis*, *Croton*, *Opuntia*, *Mimosa*, *Rhus* y *Ruellia* con 2 especies cada una. En el anexo 1 se presenta el listado de especies registrado en el noreste de Coahuila.

La distribución de las especies por forma de crecimiento se caracterizó por la dominancia de hierbas (53 especies, 58.24%) y arbustos (34 especies, 37.37%) mientras que los árboles (4 especies, 4.39%) tuvieron poca representación dentro del bosque.

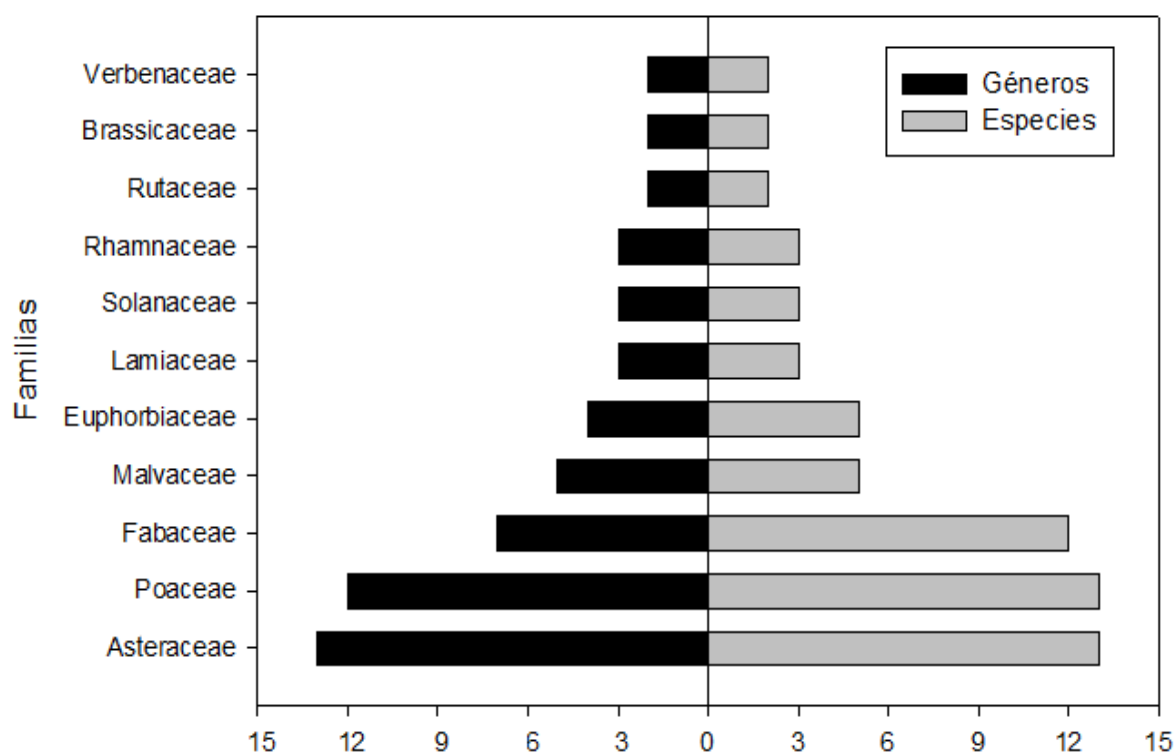


Figura 3. Familias con mayor número de géneros y especies en el noreste de Coahuila.

4.2 Riqueza estimada

En base a la gráfica acumulativa de especies y a la derivada de la ecuación de Clench, se obtuvo el valor de la riqueza estimada con un porcentaje correspondiente a un 74.25 %, lo cual indica que el muestreo fue suficiente y por ello no se requiere mayor esfuerzo de muestreo por lo que la curva de riqueza estimada tiende a ser asintótica y la estimación de la diversidad tiende a estabilizarse, mostrando un buen ajuste del modelo donde los datos indican una $R^2=0.99$ (Figura 4).

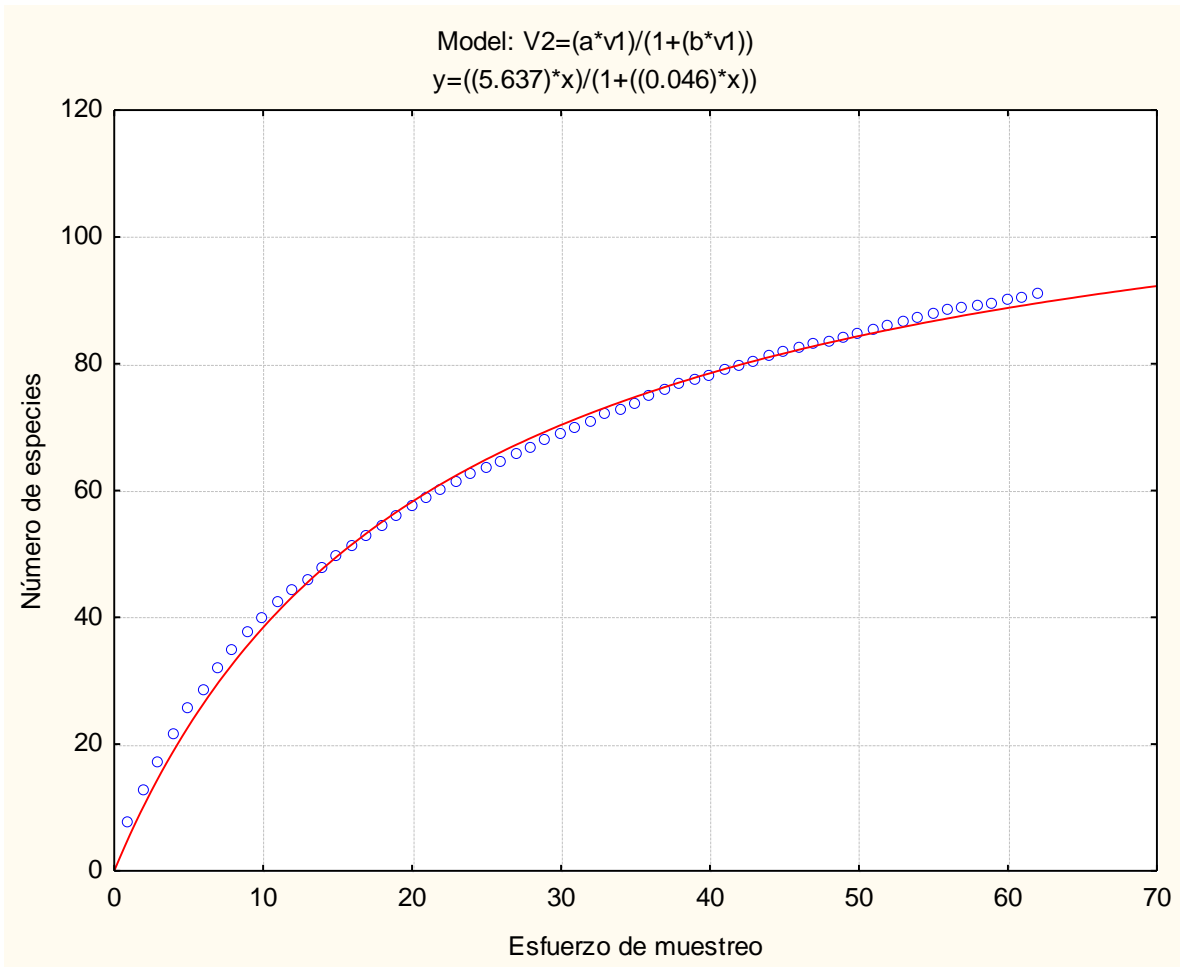


Figura 4. Curva de acumulación de especies mediante el ajuste de la ecuación de Clench.

4.3 Clasificación de los bosques de encino en el noreste de Coahuila

De acuerdo al análisis de conglomerados (cluster analysis) separa 2 grupos de gran importancia de acuerdo a la similitud entre los 62 sitios de muestreo en el bosque de encino (Figura 5). Esta comunidad abarca 91 especies entre las más comunes *Quercus fusiformis*, *Prosopis glandulosa*, *Acacia farnesiana* y *Celtis laevigata*, caracterizado por la dominancia de la primera especie en estrato arbóreo en ambos grupos. El grupo 1 corresponde al bosque de encino con dosel cerrado con 24 sitios abarcando 64 especies. El grupo 2 incluye 76 especies es un bosque de encino con dosel abierto y comprende 38 sitios.

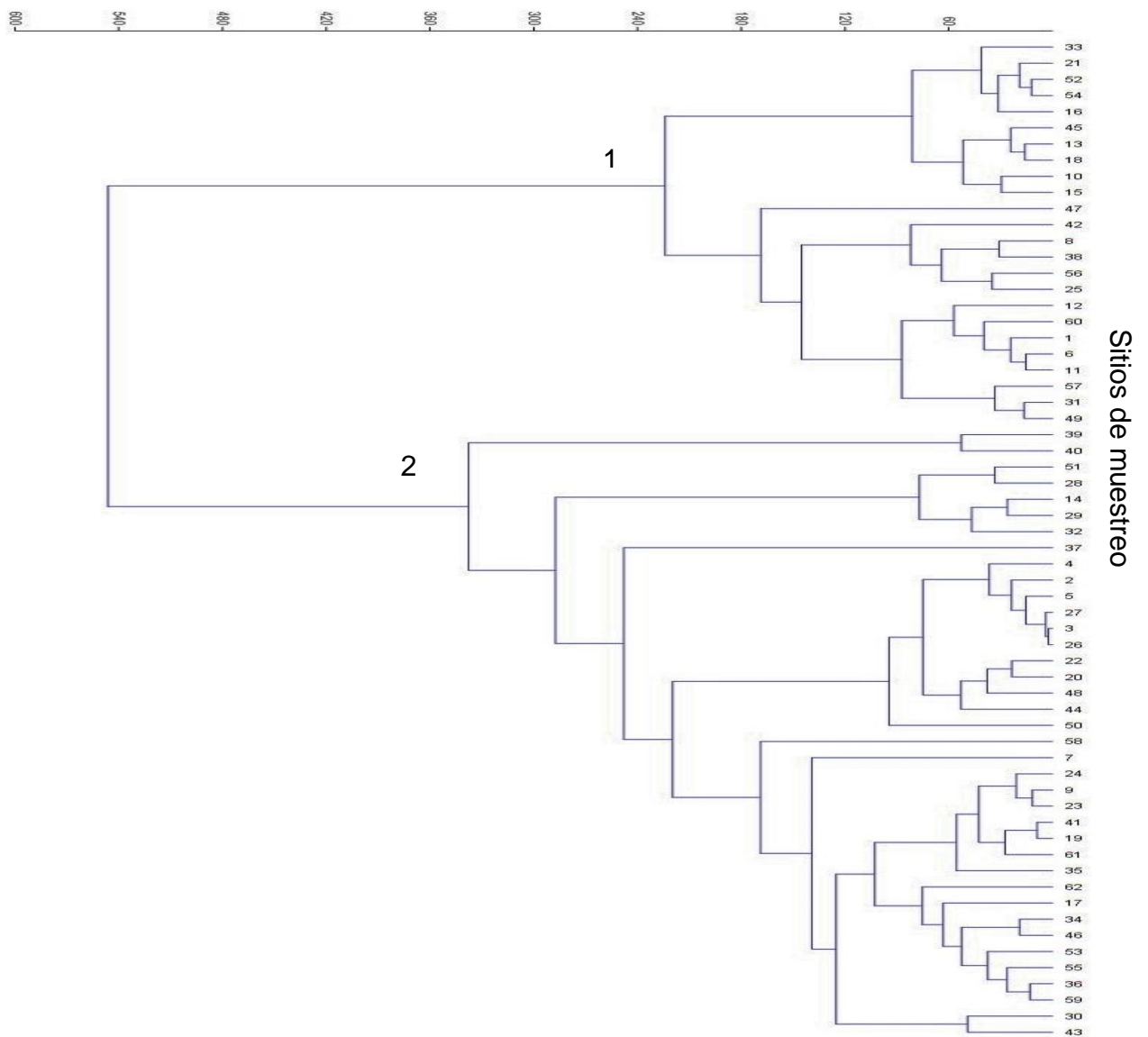


Figura 5. Agrupación de los sitios de muestreo ubicados en el noreste de Coahuila.

4.4 Distribución diamétrica del estrato arbóreo en el bosque de encino

En la Figura 6 se describe de manera gráfica la densidad de individuos correspondiente al estrato arbóreo por categoría diamétrica, en donde se observa mediante una forma Gaussiana la distribución de los datos con valores bajos, medios y altos. La densidad promedio se encuentra distribuida desde la categoría 10 hasta la de 25 cm. El mayor número de componentes por ha^{-1} se observa en la categoría de 10 ($83 \text{ ind. } ha^{-1}$) seguido por la de 15 ($67 \text{ ind. } ha^{-1}$). Una parte considerable de las categorías diamétricas está dominado por individuos de la

especie *Quercus fusiformis*, por otra parte, la densidad decrece en categorías mayores y el número de árboles tiende a ser más pequeño (diámetros >45 cm). Para las otras tres especies la densidad es muy baja, encontrándose alrededor de un ind. ha⁻¹, teniendo registro hasta la categoría 35.

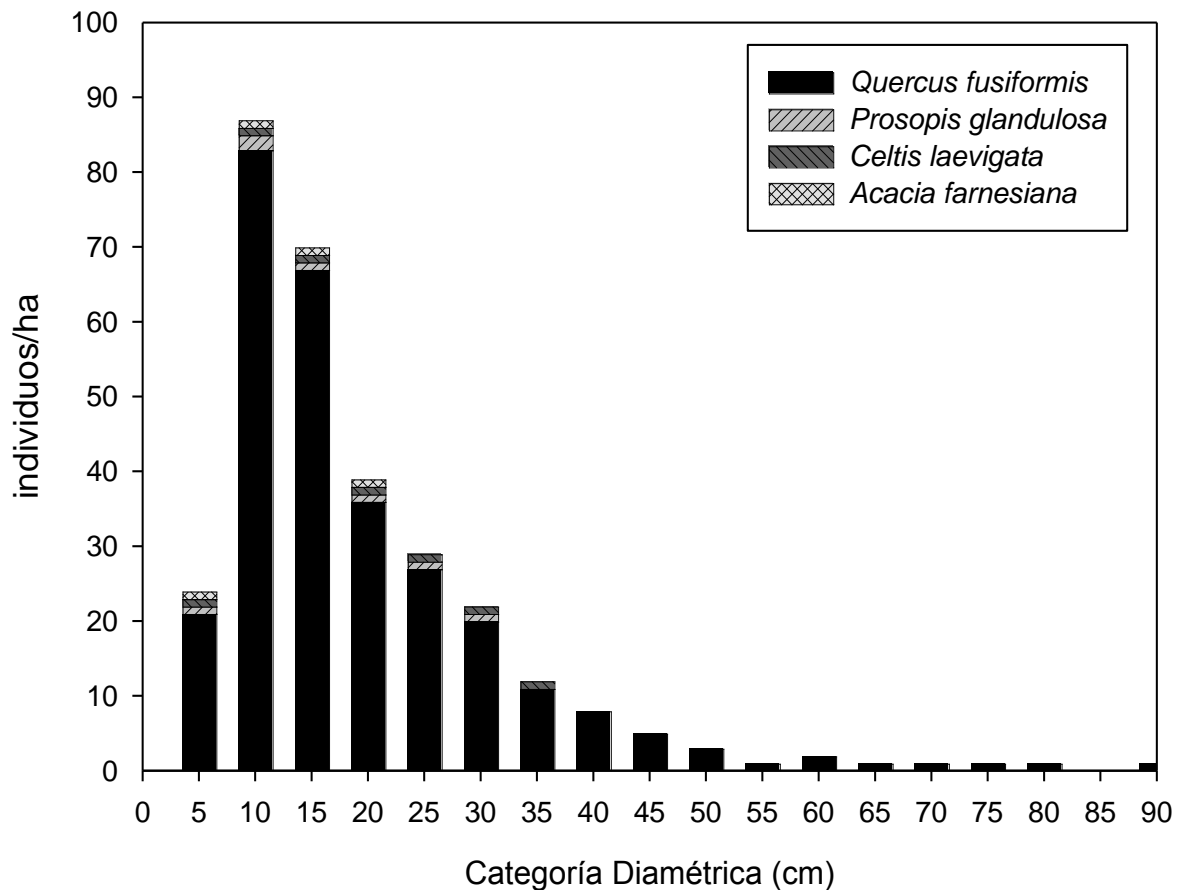


Figura 6. Distribución diamétrica de las especies arbóreas del bosque de encino.

4.5 Aspectos estructurales de los bosques de encino en el noreste de Coahuila

a) Bosque con dosel abierto

Esta comunidad está caracterizada por la distribución de su cobertura ya que presenta una condición más xérica y es el principal factor que determinó la densidad de las especies en este tipo de bosque.

Dentro del estrato arbóreo predominan 4 especies que presentan alturas de 5.1 a 7.4 m, asumiendo la mayor densidad *Quercus fusiformis* con 201 ind. ha⁻¹ y un área

basal de 10.84 m² ha⁻¹, además del mayor VIR (Valor de Importancia Relativa) con 93.22% muy por encima de las demás especies que conforman la parte superior del dosel. En menor cantidad se encuentra *Prosopis glandulosa* con 6 ind. ha⁻¹, mientras que *Celtis laevigata* y *Acacia farnesiana* tienen frecuencia relativa para ambas de 4.08% (ver Cuadro 1).

En el estrato arbustivo se exhiben especies que son propias, así como algunas de apariencia arbustiva tal es el caso de *Quercus fusiformis* con una densidad de 1,984 ind. ha⁻¹ y un VIR de 20.10% la mayor de todo el estrato indicando que la regeneración es alta en lugar, la segunda especie es *Dermatophyllum secundiflorum* con un VIR 16.19% y una densidad de 1,018 ind. ha⁻¹. Como el bosque presenta una condición abierta favorece el desarrollo de especies propias y de afinidad xérica como *Acacia rigidula*, *Celtis pallida*, *Leucophyllum frutescens* y *Opuntia lindheimeri*.

Por ultimo en el estrato herbáceo la altura que presenta está por debajo del metro inclusive encontrando especies de 5 cm como *Viguiera dentata*, la mayoría de las especies pertenece a la familia Poaceae teniendo la mayor densidad *Aristida purpurea*.

Cuadro 1. Aspectos estructurales del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo en el bosque de encino con dosel abierto.

ESTRATO ARBÓREO							
Especie	Altura Media (m)	Densidad (ind/ha)	Área Basal (m ² /ha)	Dens Rel (%)	Cob Rel (%)	Frec Rel (%)	VIR (%)
<i>Quercus fusiformis</i>	7.4	201	10.84	94.33	97.34	77.55	93.22
<i>Prosopis glandulosa</i>	5.1	6	0.12	2.59	1.12	14.29	3.63
<i>Celtis laevigata</i>	5.6	4	0.06	1.73	0.91	4.08	1.71

<i>Acacia farnesiana</i>	7.0	3	0.03	1.36	0.63	4.08	1.43
--------------------------	-----	---	------	------	------	------	------

ESTRATO ARBUSTIVO

Especie	Altura Media (m)	Densidad (ind/ha)	Dens Rel (%)	Cob Rel (%)	Frec Rel (%)	VIR (%)
<i>Quercus fusiformis</i>	2.2	1984	28.13	14.28	13.46	20.10
<i>Dermatophyllum secundiflorum</i>	1.2	1018	14.44	20.29	9.13	16.19
<i>Prosopis glandulosa</i>	1.8	376	5.34	13.30	10.10	9.43
<i>Colubrina texensis</i>	0.8	979	13.88	5.50	5.77	9.13
<i>Celtis laevigata</i>	1.4	632	8.96	7.12	4.33	7.51
<i>Diospyros texana</i>	1.4	339	4.81	7.93	5.77	6.28
<i>Leucophyllum frutescens</i>	0.8	313	4.44	4.59	8.17	5.04
<i>Acacia rigidula</i>	3.3	179	2.54	5.03	4.33	3.86
<i>Eysenhardtia texana</i>	2.3	126	1.79	3.50	3.37	2.75
<i>Celtis pallida</i>	1.7	147	2.09	2.77	3.85	2.63
Otras especies (24)		958	13.58	16.69	31.73	17.08

ESTRATO HERBÁCEO

Especie	Altura Media (m)	Densidad (ind/ha)	Dens Rel (%)	Cob Rel (%)	Frec Rel (%)	VIR (%)
<i>Aristida purpurea</i>	0.34	1168	7.18	17.35	8.54	11.73
<i>Viguiera dentata</i>	0.47	954	5.86	12.24	6.10	8.63
<i>Schizachyrium scoparium</i>	0.14	1020	6.27	9.58	7.32	7.84
<i>Lepidium virginicum</i>	0.05	1809	11.12	1.62	4.88	6.16
<i>Sanvitalia ocymoides</i>	0.10	1645	10.11	2.61	2.44	5.80

<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	0.78	66	0.40	12.37	1.22	5.65
<i>Sporobolus airoides</i>	0.10	197	1.21	7.59	3.66	4.29
<i>Nassella leucotricha</i>	0.37	214	1.31	6.77	2.44	3.81
<i>Tymophylla pentachaeta</i>	0.09	1020	6.27	1.05	3.66	3.66
<i>Helianthus annuus</i>	0.30	461	2.83	4.36	2.44	3.43
Otras especies (34)		7714	47.42	24.45	57.32	38.99

Dónde: Dens Rel= Densidad Relativa; Cob Rel= Cobertura relativa; Frec rel= Frecuencia relativa

Valor de Importancia Relativa (VIR)= Dens rel. + Cob rel. + Frec rel. /3

a) Bosque con dosel cerrado

En este tipo de bosque se presenta una condición más húmeda debido a que el dosel está más cerrado por la copa de los árboles con tres especies, registrando una densidad total de 419 ind. ha⁻¹ en donde el principal componente es *Quercus fusiformis* con un VIR de 95.20% y la de mayor contribución en área basal (9.70 m²/ha), las otras dos especies que se encuentran de manera aislada y en menor proporción son *Celtis laevigata* y *Prosopis glandulosa* (ver Cuadro 2).

En el estrato arbustivo está integrado por 29 especies y una densidad superior a los 10,000 ind. ha⁻¹, donde *Quercus fusiformis* tiene la mayor densidad, posee altura media de 0.80 m y un VIR de 49.25%, las otras dos especies *Dermatophyllum*

secundiflorum y *Diospyros texana* presentan un VIR relativamente bajo, además se pudo registrar enredaderas como *Smilax bona-nox*

En el estrato herbáceo está compuesto por 36 elementos; siendo *Nassella leucotricha* y *Muhlenbergia emersleyi* las de mayor VIR, sin embargo, *Tiquilia canescens*, *Aristida purpurea* y *Timophylla pentachaeta* son las de mayor frecuencia dentro del estrato. La riqueza del estrato herbáceo está en función de la abertura del dosel, pero en general es muy diverso y alberga muchas especies.

Cuadro 2. Aspectos estructurales del estrato arbóreo, arbustivo y herbáceo en el bosque de encino con dosel cerrado.

ESTRATO ARBÓREO							
Especie	Altura Media (m)	Densidad (ind/ha)	Área Basal (m ² /ha)	Dens Rel (%)	Cob Rel (%)	Frec Rel (%)	VIR (%)
<i>Quercus fusiformis</i>	6.2	410	9.70	97.91	94.59	88.89	95.20
<i>Celtis laevigata</i>	8.0	6	0.32	1.49	4.89	3.70	3.26
<i>Prosopis glandulosa</i>	5.1	3	0.04	0.60	0.52	7.41	1.54

ESTRATO ARBUSTIVO						
Especie	Altura Media (m)	Densidad (ind/ha)	Dens Rel (%)	Cob Rel (%)	Frec Rel (%)	VIR (%)
<i>Quercus fusiformis</i>	0.80	9,413	75.83	32.29	20.35	49.25
<i>Dermatophyllum secundiflorum</i>	1.96	979	7.89	22.28	10.62	14.45
<i>Diospyros texana</i>	2.10	129	1.04	7.10	4.42	4.12
<i>Leucophyllum frutescens</i>	1.22	233	1.88	4.22	8.85	3.88
<i>Celtis pallida</i>	1.96	67	0.54	6.36	4.42	3.59
<i>Prosopis glandulosa</i>	1.43	163	1.31	3.27	7.96	3.10
<i>Ziziphus obtusifolia</i>	2.17	133	1.07	5.01	2.65	2.99
<i>Acacia rigidula</i>	3.30	104	0.84	3.38	4.42	2.44
<i>Colubrina texensis</i>	0.87	254	2.05	1.84	3.54	2.17
<i>Eysenhardtia texana</i>	1.43	108	0.87	3.16	2.65	2.11
Otras especies (19)		829	6.68	11.09	30.09	11.91

ESTRATO HERBÁCEO						
Especie	Altura Media (m)	Densidad (ind/ha)	Dens Rel (%)	Cob Rel (%)	Frec Rel (%)	VIR (%)
<i>Nasella leucotricha</i>	0.52	573	3.28	18.82	3.13	9.92
<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	0.59	156	0.89	19.54	3.13	9.20
<i>Tiquilia canescens</i>	0.15	1693	9.69	9.30	6.25	9.03
<i>Viguiera dentata</i>	0.38	2396	13.71	4.00	4.69	8.26
<i>Aristida purpurea</i>	0.31	964	5.51	6.88	6.25	6.20
<i>Conoclinium greggii</i>	0.18	1250	7.15	2.71	4.69	4.90

<i>Tymophylla pentachaeta</i>	0.13	1380	7.90	1.30	6.25	4.83
<i>Clematis drummondii</i>	0.43	365	2.09	8.31	1.56	4.68
<i>Bouteloua curtipendula</i>	0.44	286	1.64	4.54	4.69	3.32
<i>Wedelia acapulcensis</i>	0.28	495	2.83	3.64	3.13	3.22
Otras especies (26)		7917	45.31	20.96	56.25	36.44

Dónde: Dens Rel= Densidad Relativa; Cob Rel= Cobertura relativa; Frec rel= Frecuencia relativa

Valor de Importancia Relativa (VIR) = Dens rel. + Cob rel. + Frec rel. /3

4.6 Diversidad y riqueza de los bosques de encino del noreste de Coahuila

En el cuadro 3 se muestra el índice de diversidad (índice de Shannon - Wiener) para los bosques de encino. De acuerdo a la prueba estadística de *t* realizada para ambos tipos de bosque, los valores fueron altamente significativos y diferentes entre sí ($P < 0.001$), por lo cual concluimos que el bosque con dosel abierto es más diverso, esto se ve reflejado principalmente en la riqueza de especies que se encuentran dentro de cada una.

El valor de diversidad para la segunda comunidad presenta 2.86 nats, aclarando que este índice se basa en cuanto mayor sea el valor de H' mayor es la diversidad, en este caso indica una diversidad regular, (esto de acuerdo en los rangos que se

presenta, normalmente esta entre 1.5 y 3.5) ya que es un bosque con menor cobertura y muestra una mayor cantidad de especies tanto arbustivas como herbáceas. En cuanto al índice de equitatividad se tiene el valor de 0.66, lo que señala que está próximo a obtener una proporción igual y corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.

Mientras que para la primera comunidad el índice de dominancia es el más alto con 0.49, lo que demuestra una comunidad más homogénea (recordando que sus valores van de 0 a 1), al igual que una alta probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie dentro del área muestreada.

Cuadro 3. Índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), Dominancia de Simpson (D), uniformidad de Pielou (E) y riqueza de especies en los dos bosques de encino.

Comunidad Vegetal	Número de especies	H' (nats)	D	E
Boque con dosel cerrado	64	1.65	0.49	0.39
Bosque con dosel abierto	76	2.86	0.14	0.66

Nota: Existieron diferencias altamente significativas en H' entre los bosques con dosel cerrado y abierto ($t = 30.60$; $g.l = 8,822$; $P < 0.001$).

En el Cuadro 4 se presenta el valor del índice de Shannon - Wiener para ambos estratos realizada en los dos bosques de encino. En base a la prueba de t ambos resultan con diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0.001$), por ello concluimos que el bosque con dosel abierto es más diverso, tanto para el estrato arbustivo (2.19 nats con 36 especies) y herbáceo (3.21 nats con 40 especies). Esta misma tendencia se observa en la diversidad de ambos tipos de bosques.

Cuadro 4. Diversidad de especies en el estrato herbáceo y arbustivo de los bosques de encino.

Comunidad Vegetal	Estrato	Número de especies	H' (nats)
-------------------	---------	--------------------	-------------

Bosque con dosel cerrado	Herbáceo	34	3.05
	Arbustivo	30	0.99
Bosque con dosel abierto	Herbáceo	40	3.21
	Arbustivo	36	2.19

Nota: Existieron diferencias altamente significativas en H 'entre los dos estratos: estrato herbáceo ($t = 3.30$; g.l = 1,322; $P < 0.001$) y estrato arbustivo ($t = 33.94$; g.l = 7,666; $P < 0.001$).

5. DISCUSIÓN

5.1 Composición florística

Como parte de la flora de los bosques de *Quercus fusiformis* se registraron 91 especies, lo que representa un 2.99% de la flora reportada para Coahuila (Villarreal 2001) y 0.39% a nivel nacional (Villaseñor, 2016). Para los bosques de encino en la Sierra de Zapalinamé, Encina *et al.*, (2009) reporta una riqueza de 259 especies. Esta diferencia es debido a que algunas especies se desarrollan en planicies con climas húmedos, tales géneros como *Leucophyllum*, *Acacia*, *Prosopis*, *Castela*, *Celtis* y gramíneas como *Bouteloua* y *Aristida* (Briones y Villarreal, 2001), a

diferencia de las que prefieren regiones montañosas como *Muhlenbergia*, *Salvia*, *Ageratina* y especies arbustivas de *Quercus* (Encina-Domínguez *et al.*, 2016).

Para el caso de las familias dominantes en los bosques de *Quercus fusiformis* fueron Asteraceae, Poaceae y Fabaceae las mejor representadas y con mayor riqueza de especies, demostrando así que son las más abundantes de estos bosques (Rzendowski, 2006), similar a los resultados reportados por Aragón-Piña *et al.*, (2010) en un bosque templado de la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango donde presenta a las mismas familias como las más dominantes, ocupando así el grupo más diverso de todas las plantas vasculares dentro del país (Villaseñor, 2003).

Esta riqueza de especies se refleja principalmente en la familia Asteraceae como la más diversa, ya que su distribución es prácticamente cosmopolita y es una de las más comunes en la mayor parte de los hábitats, principalmente para México como uno de los principales centros de diversificación, apropiándose del primer lugar en el país (Villaseñor, 1993;2004).

Para la familia Fabaceae se mencionan con una amplia riqueza florística con respecto a las demás, ocupando el segundo lugar a nivel nacional al igual que las Poaceae en cuarto lugar (Villaseñor, 2016). Este grupo de plantas vasculares resultan uno de los principales componentes florísticos en diversos estudios, así como las diferentes especies que componen a cada una, tal como señalan García *et al.*, (1999), González *et al.*, (2007) Harker *et al.*, (2008), Encina *et al.*, (2012) Flores, (2015), Encina-Domínguez *et al.*, (2016), entre otros.

5.2 Riqueza estimada

En una curva de acumulación de especies la incorporación de nuevos individuos al inventario se relaciona con alguna medida del esfuerzo de muestreo. Cuanto mayor sea este esfuerzo, mayor será el número de especies colectadas y a medida que continua el muestreo aparecen nuevas especies, lo que hace crecer el inventario (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Es por eso que el número de especies (riqueza) es la forma más sencilla de describir a la diversidad regional o una comunidad (Gotelli y Colwell, 2001).

Por otra parte, el método de extrapolación que utiliza la curva de acumulación para modelar el conteo de nuevos individuos relacionado al esfuerzo de muestreo mostrando el valor de la riqueza, es la asíntota de la curva (Soberón y Llorente, 1993). Lo anterior indica que la curva aumenta cuanto más individuos sean muestreados y la pendiente se hace superficial cuando ya está representada la verdadera riqueza (Gotelli y Chao, 2013). Este tipo de curva nos permite dar fiabilidad a los inventarios biológicos y extrapolar el número de especies que estarán presentes en la zona (Lamas *et al.*, 1991).

Para este trabajo se obtuvo el valor de 74.25% lo que representa el porcentaje de flora registrada en la región, comparando con el trabajo realizado por Valdés-Reyna *et al.*, (2015) que obtuvo un porcentaje de 80.5% para las gramíneas de Coahuila, mientras que para el matorral rosétifilo de la Sierra de Zapalinamé se tiene un 85.82% (Flores, 2015). De acuerdo con Jiménez-Valverde y Hortal (2003), para la ecuación de Clench y con el número de individuos o de registros en una base de datos como unidad de esfuerzo, a partir de proporciones superiores al 70% la estimación de la riqueza se hace estable.

Es importante hacer mención que en la realización de la estimación de riqueza de un área en específico en los datos se mencione la temporada de recolección ya que es posible que una especie rara o ausente se presente en una estación o durante la misma estación en un año diferente (Lamas *et al.*, 1991).

5.3 Aspectos estructurales de los bosques de encino en el noreste de Coahuila

Este tipo de comunidad es propia de cañones y valles intermontanos de clima templado y semihúmedo (Villarreal y Valdés, 1992-93), donde se registran bosques de encino con la única especie de *Quercus fusiformis* (Encina y Villarreal, 2002), esta especie se presenta además en otros bosques como en la sierra de San Carlos Tamaulipas, sin embargo, no forma comunidades boscosas, sino que está asociada a otras especies como *Quercus canbyi* (Briones, 1991) y se asocia a plantas vasculares de los géneros *Clematis*, *Rhus*, *Solanum*, *Smilax*, representativos de los encinares y las más frecuentes dentro del estrato arbustivo y herbáceo (Rzedowski, 2006).

Estos bosques de encino resaltan debido a que crecen en elevaciones bajas (250-350 m) con una fuerte preferencia por lugares húmedos cerca de ríos y su ocurrencia en hábitats semiáridos con suelos profundos, por ello es una asociación vegetal única en el país (Encina-Domínguez *et al.*, 2011), similar a los bosques de *Q. oleoides* que crecen en altitudes bajas y uno de los pocos encinos que está presente a nivel del mar (Valencia-A, 2004).

Las características estructurales de un bosque son un aspecto importante para conocer su dinámica y especialmente para definir su estructura y composición (Alvis, 2009). En este caso, en los bosques estudiados parte del dosel arbóreo está dominado por especies de afinidad neotropical con especies del género *Prosopis* y *Acacia* (Rzendowski, 1965) principalmente por la especie *Quercus fusiformis* (roble blanco) donde alcanza el mayor VIR con 93.22% (bosque con dosel cerrado) y 95.20% (bosque con dosel abierto), valores más altos en comparación con resultados que obtuvo Encina-Domínguez *et al.*, (2011) en bosques de *Q. fusiformis* y *Carya illinoensis* en la Planicie Costera Nororiental de Coahuila donde el VIR para la primera especie es 59.08%. Esta notoria diferencia de resultados es debido principalmente a una alta densidad y frecuencia que se encontraron de la especie.

En la distribución diamétrica coincide con lo descrito por Encina-Domínguez *et al.*, (2011), donde *Quercus fusiformis* se encuentra mayormente representada en las categorías de 10 y 15 cm, pero la densidad está por debajo de lo encontrado en bosque con dosel cerrado. Esto es debido a la presencia de individuos con diámetros más gruesos, pero con baja densidad para la Planicie Costera (386 ind. ha^{-1} y $24.36 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), caso contrario a los resultados obtenidos, ya que el arbolado juvenil presenta mayor densidad que el arbolado adulto, haciendo que el área basal sea menor (410 ind. ha^{-1} y $9.70 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$). No obstante, el área basal y densidad son indicadores muy importantes de la estructura y dominancia de los encinos. (Olvera-Vargas y Figueroa-Rangel, 2012).

Por otra parte, en el bosque con dosel abierto la presencia de especies como *Prosopis glandulosa* y *Acacia farnesiana* a excepción de *Celtis laevigata* corresponde a los bosques de encino del noreste de México que suelen estar dominados por 2 o 3 especies arbóreas que alcanzan alturas de 8 a 10 m (Briones, 1991). De forma similar Encina-Domínguez *et al.*, (2011) menciona que los árboles

de mayor tamaño en la llanura costera de Coahuila, es debido a que disponen de mayor cantidad de nutrientes y humedad en comparación con las condiciones ambientales en las regiones montañosas.

5.4 Diversidad y riqueza de los bosques de encino del noreste de Coahuila

Los valores obtenidos de los tres índices aplicados para los bosques estudiados son más altos para el bosque con dosel abierto. Los estratos herbáceo y arbustivo son los más diversos y estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de *t*. El índice de diversidad obtuvo 2.86 nats y equitatividad de 0.66. En tanto Encina *et al.*, (2007) reporta a los bosques de *Quercus saltillensis* - *Q. laeta* de la Sierra Zapalinamé como los más diversos en los mismos estratos realizando la misma prueba de *t*, encontrando diferencias significativas. El valor de diversidad presenta 4.92 nats y 0.92 para el de equitatividad.

Esta fuerte diferencia en la diversidad de los diferentes tipos de bosques de encino en donde se presenta una elevada riqueza de especies arbustivas y herbáceas, está mayormente influenciada por la continua presión de impactos antropogénicos (Pickett *et al.*, 1989), y aprovechamientos forestales, provocando una rápida colonización de hierbas y arbustos en sitios perturbados (Rey-Benayas, 1995). Además, la apertura del dosel crea condiciones para la invasión de especies, lo que determina una mayor diversidad (Ramírez-Marcial *et al.*, 2011).

De esta manera se ve reflejado en el grado de diversidad que posee una comunidad vegetal, por lo tanto, una comunidad es más compleja mientras mayor sea el número de especies que la conforman y mientras menos dominancia presenta una o pocas especies con respecto a las demás (Baca, 2000). Esto quiere decir, que una comunidad ecológica con muchas especies es más diversa que una con pocas, pero la forma en que el número total de individuos se distribuye entre las especies influye en el grado de diversidad o heterogeneidad (Junge, 1994).

Además, los índices están relacionados por el número de especies y las estrategias de muestreo, por ejemplo, el índice de Simpson se ve afectado a tamaños de muestras bajos, es decir, cuanta más área sea muestreada su valor disminuye, mientras que el índice de Shannon es afectado por la adición de especies con un tamaño de muestra cada vez más grande en el caso de ecosistemas muy diversos que contienen muchas especies (Giamaret-Carpentier *et al.*, 1998; Romero, 1999).

6. CONCLUSIONES

La estructura diamétrica de los bosques estudiados está dominada por *Quercus fusiformis*, esto es el resultado de la influencia humana, a través de aprovechamientos selectivos a la cual están expuestos estos bosques, lo que condiciona una elevada densidad de arbolado juvenil.

La alta regeneración registrada en *Quercus fusiformis* en bosques con dosel cerrado, es debido a que esta especie es propia de ambientes húmedos y por ello tolerante a la sombra.

Los bosques con dosel cerrado permiten la formación de un microclima con mayores condiciones de humedad, lo que propicia la presencia de especies de afinidad

mésica, en comparación a los bosques con dosel abierto donde son comunes especies de afinidad xérica.

La apertura de dosel es una condición que determina una mayor diversidad y riqueza de especies en los estratos herbáceo y arbustivo, esto de acuerdo a la cantidad de luz que deja entra el dosel, en conjunto con factores ambientales, tales como humedad disponible.

7. LITERATURA CITADA

Alan, E. E. y Martínez, B. M. 2010. Vegetación y uso de suelo. Gobierno del estado de Veracruz. 203-226 pp.

Alvis, G. J. 2009. Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. Rev. Bio. Agro. 7(1):115-122.

Anónimo, 2001. Ordenamiento Ecológico de Coahuila, México. Instituto Coahuilense de Ecología, Gobierno de Coahuila, Saltillo. 1072 p.

Anónimo, 2009. La destrucción de México, la realidad ambiental del país y el cambio climático. México. 15 p.

Anónimo, 2010. Importancia ecológica de los encinos. Ciudad Universitaria. Boletín UNAM-DGCS-785.

- Aragón-Piña, E., Garza-Herrera A., González-Elizondo, M. y Luna-Vega, I. 2010. Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:771-787.
- Arizaga, S., Martínez-Cruz, J., Salcedo-Cabrales, M. y Bello-González, M. A. 2009. Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos. 147 p.
- Arriaga-Cabrera, L., Espinoza-Rodríguez, J. M., Aguilar-Zúñiga, C. Martínez-Romero, E., Gómez-Mendoza, L. y Loa, L. E. 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. CONABIO. México, 609 pp.
- Baca, V. J. 2000. Caracterización de la estructura vertical y horizontal en bosque de pino-encino. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. 105 p.
- Bello, M. A. y Labat, J-N. 1987. Los encinos (*Quercus*) del estado de Michoacán, México. INIFAP-SARH-CENCA. Cuaderno de estudios michoacanos 1. 95 p.
- Briones, V. O. 1991. Sobre la flora, Vegetación y fitogeografía de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. *Acta Botánica Mexicana* 16:15-43.
- Briones, O. y Villarreal, Q. J. 2001. Vegetación y flora de un ecotono entre las provincias del altiplano y de la Planicie Costera del Noreste de México. *Acta Botánica Mexicana* 55:39-67.
- Chapela, F. 2012. Estado de los bosques de México. Consejo civil para la silvicultura sostenible A.C. México, D.F. 217 p.
- CONABIO, 2012. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Cinco Manantiales. 324-326 pp.
- CONAGUA, 2015. Comisión Nacional del Agua. Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Región Carbonífera (0512), estado de Coahuila. 27 p.
- de la Lata, R. R. 2011. Síntesis de la geología de México. Jornada Técnica: Túneles en México. Universidad Autónoma de México. 22 p.

- Encina, D. J. y Villarreal, Q. J. 2002. Distribución y aspectos ecológicos del género *Quercus* (Fagaceae), en el estado de Coahuila, México. *Polibotánica* 13:1-23.
- Encina-Domínguez, J., Zárate-Lupercio A., Valdés-Reyna, J. y Villarreal-Quintanilla, J. 2007. Caracterización ecológica y diversidad de los bosques de encino de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 81:51-63.
- Encina, D. J., Zárate, L. A., Estrada, C. E., Valdés, R. J. y Villarreal, Q. J. 2009. Composición y aspectos estructurales de los bosques de encino de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Acta Botánica Mexicana* 86:71-108.
- Encina-Domínguez, J., Mata, R. E., Meave, A. J. y Zárate-Lupercio, A. 2011. Community structure and floristic composition of *Quercus fusiformis* and *Carya illinoensis* forests of the Northeastern Coastal Plain, Coahuila, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 607-622.
- Encina, D. J., Gómez, P. S. y Valdés, R. J. 2012. Composición florística y ecología del matorral submontano de rosáceas de la Sierra Zapalinamé, Coahuila, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 6(1):143-156.
- Encina-Domínguez, J., Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J., Villaseñor, J. L., Cantú-Ayala, C. y Ramón, A. J. 2016. Floristic richness of the Sierra de Zapalinamé, Coahuila, Mexico. *Phytotaxa* 283(1):1-42.
- Flores, H. C. 2015. Estructura y diversidad del matorral desértico rosetófilo de la Sierra Zapalinamé, Coahuila, México. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 58 p.
- García, de la C. Y. 2012. Los encinos: un tesoro poco valorado. *La Ciencia y el Hombre* 25(2):60-67.
- García, S. F., Aguirre R. J., Villanueva, D. J. y García, P. J. 1999. Contribución al conocimiento florístico de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. *Polibotánica* 10:73-103.

- Giamaret-Carpentier, C., Péliissier, R., Pascal, J. y Houllier, F. 1998. Sampling strategies for the assessment of tree species diversity. *Journal of Vegetation Science* 9:161-172.
- González-Elizondo, M., González-Elizondo, M. y Cortes-Ortiz, A. 1993. Vegetación de la reserva de la biosfera La Michilia, Durango, México. *Acta Botánica Mexicana* 22: 1-104.
- González-Elizondo, M., González-Elizondo, M., Tena-Flores, J., Ruacho-González, L. y López-Enríquez, I. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* 100: 351-403.
- González-Espinosa, M., Ramírez-Marcial, N., Galindo-Jaimes, L., Camacho-Cruz, A., Golicher, D., Cayuela, L. y Rey-Benayas, J. M. 2009. Tendencias y proyecciones del uso del suelo y la diversidad florística en los altos de Chiapas, México. *Investigación Ambiental* 1(1): 40-53.
- González, C. O., Giménez, de A. J., García, P. J. y Aguirre, R. J. 2007. Flórmula vascular de la Sierra de Catorce y territorios adyacentes, San Luis Potosí, México. *Acta Botánica Mexicana* 78:1-38.
- González, V. L. 1986. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagáceas) en el estado de Jalisco. Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara. 243 p.
- González-Medrano, F. 1985. El límite sur de la Provincia Biótica Tamaulipeca. Resúmenes del II Simposio Internacional sobre la Provincia Biótica Tamaulipeca, 6-8 marzo 1985. Universidad Autónoma de Tamaulipas y Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Victoria, Tamps.
- González, R. R. 1986. La diversidad de los encinos mexicanos. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. Volumen Especial XLIV: 125-142.
- Gotelli, N. J. y Colwell, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4:379-391.

- Gotelli, N. J. y Chao, A. 2013. Measuring and estimating species richness, species diversity, and biotic similarity from sampling data. *Encyclopedia of Biodiversity* 5:105-2011.
- Hammer, Ø. 2017. *Paleontological Statistics v 3.15. Reference manual*. Natural History Museum. University of Oslo. 253 p.
- Harker, M., Garcia R. L. y Riojas-López M. 2008. Composición florística de cuatro hábitats en el rancho Las Papas de Arriba, municipio de Ojuelos de Jalisco, Jalisco, México. *Acta Botánica Mexicana* 85:1-29.
- Hutcheson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology* 29:151-154.
- INEGI, 1983. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Síntesis geográfica de Coahuila. Secretaría de Programación y Presupuesto. México. City, D.F. 163 p.
- INEGI, 1986. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Hidrología del estado de Coahuila. Secretaría de Programación y Presupuesto. 81-105 pp.
- INEGI, 2008. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Manual de características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México. 31 p.
- INEGI, 2009. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Piedras Negras, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05025.
- INIFAP-SAGARPA, 2102. Impacto del cambio de uso de suelo forestal a huertos de aguacate. México, D.F. 102 p.
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8:151-161.
- Junge, K. 1994. Diversity of ideas about diversity measurement. *Scandinavia Journal of Psychology* 35:16.26.

- Kappelle, M. 2005. Ecology and consevation of neotropical montane oak forests. Analysis and Synthesis. Ecological Studies, Vol. 185
- Lamas, G., Robbins R. K. y Harvey D. J. 1991. A preliminary survey of the butterfly fauna of Pakitza, Parque Nacional del Manu, Perú, withan estimate of its species richness. Publicaciones del Museo de Historia Natural UNMSM (A) 40:1-19.
- López, J. C. 2009. Caracterización de la vegetación de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 92 p.
- Luna-José, A., Montalvo-Espinoza, L. y Rendón-Aguilar, B. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 72:107-117.
- Marañón, T. 2011. Ecología, historia y gestión de los árboles del género *Quercus*: simposio de Isparta Turquía. Ecosistemas 20(1):187-190.
- Martella, B. M., Trumper, V. E., Bellis, M. L., Renison, D., Giordano, F. P., Bazzano G. y Gleiser M. R. 2012. Manual de Ecología: Evaluación de la Biodiversidad. Serie Ecología 5(1):71-115.
- Márquez, R. W. y Márquez, R. J. 2009. Municipios con mayor diversidad en Veracruz. Foresta Veracruzana 11(2):43-50.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Martínez-Cruz, J., Téllez, V. O. e Ibarra-Manríquez, G. 2009. Estructura de los encinares de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. Revista Mexicana de la Biodiversidad 80:145-156.
- Moreno, E. C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M y 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 y Sons. Inc. Nueva York.547 p.

- Nixon, K. 1993. The genus *Quercus* in Mexico. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press. New York. 447-458 p.
- Oldfield, S. y Eastwood, A. 2007. The red list of oaks. Fauna & Flora International, Cambridge, UK. 32 p.
- Olvera-Vargas, M. y Figueroa-Rangel, B. 2012. Caracterización estructural de los bosques montanos dominados por encinos en el centro-occidente de México. *Ecosistemas* 21(1-2):74-84.
- Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5:285-307.
- Pickett, S.T.A., Kolasa, J., Armesto, J. J. y Collins, S.L. 1989. The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *Oikos* 54:129-136.
- Quintana-Ascencio, P. y González-Espinoza, M. 1993. Afinidad fitogeográfica y papel sucesional de la flora leñosa de los bosques de pino-encino de los altos de Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana* 21:43-57.
- Ramírez-Marcial, N., González-Espinosa, M. y William-Linera, G. 2011. Anthropogenic disturbance and tree diversity in montane rain forest in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* 154:311-326.
- Rey-Benayas, J. M. 1995. Patterns of diversity in the strata of boreal montane forest in British Columbia. *Journal of Vegetation Science* 6:95-98.
- Reyes, J. I. 2006. *Quercus hintonii*: especie endémica del encinar del SW de estado de México. *Contactos* 60:64-72.
- Reyes, M. R. 2005. El agua en Coahuila. Comisión estatal de aguas y saneamiento El Paso Texas. Conferencia de gobernadores fronterizos México-Estados Unidos mesa del agua.
- Romero, F. 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. Linares, Nuevo León. 72 p.
- Rose, B. J., Jiménez, M. F., y Mendoza, C. R. 2012. Aves del bosque de encino de la ciudad de Puebla y zonas conurbadas. *Elementos* 87:27-35.
- Rzedowski, J. 1965. Relaciones geográficas y posibles orígenes de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 29:121-177.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 p.
- Saénez-Jiménes, F. 2010. Aproximación a la fauna asociada a los bosques de roble del corredor Guantiva-La Rusia-Iguaque (Bayacá-Santander, Colombia). *Revista Colombiana Forestal* 13(2):299-334.
- Santacruz, G. N. y Espejel, R. A. 2004. Los encinos (*Quercus*) de Tlaxcala, México. 1ª edición. Tlaxcala. México. 78 p.
- SEMARNAT, 2007. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. ¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo. México. 192p.
- Soberón, M. J. y Llorente, B. J. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7(3):480-488.
- Toledo, M. V. 1994. La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventa. *Ciencia* 34:43-57.
- Valdés-Reyna, J., Villaseñor, J. L., Encina-Domínguez, J. y Ortiz, E. 2015. The grass family (Poaceae) in Coahuila, Mexico: Diversity and distribution. *Botanical Sciences* 93(1):119-129.
- Valencia-A, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-53.
- Vargas, L. V. y González A. M. 2008. La familia Fagaceae en el estado de Nuevo León. *Planta* 6:1-20.
- Villarreal, Q. J. y Valdés, R. J. 1992-93. Vegetación de Coahuila. *Revista de la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales* 6(1,2):9-18.

- Villarreal, Q. J. 2001. Listados florísticos de México. XXII Flora de Coahuila. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México, D.F. 137 p.
- Villarreal, Q. J., Encina, D. J., y Carranza, P. M. 2008. Los encinos (*Quercus*: Fagaceae) del estado de Coahuila, México. *Journal of Botanical Research Institute of Texas* 2(2):1235-1278.
- Villaseñor, J. L. 1993. La familia Asteraceae en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44:117-124.
- Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las magnoliophyta de México. *Interciencia* 28(3):160-167.
- Villaseñor, J. L. 2004. Los géneros de plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75:105-135.
- Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:559-902.
- Ward, J. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58: 236-244.
- Zavala, C. F. 1995. Encinos hidalguenses. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 133 p.
- Zavala, C. F. 1998. Observaciones sobre la distribución de encinos en México. *Polibotánica* 8:47-64.
- Zavala, C. F. 2000. El fuego y la presencia de encinos. *Ciencia Ergo Sum* 7(3):269-276.
- Zavala, C. F. 2001. Introducción a la ecología de la regeneración natural de encinos. 1ª edición. Texcoco. México. 94 p.
- Zavala, C. F. 2002. Encinos y robles. *Notas fitogeográficas*. 1ª edición. Texcoco. México. 44 p.
- Zavala-Chávez, F. y García-Sánchez, F. 1999. Aspectos fisionómicos de los encinares de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 5(1):27-35.

8. ANEXOS

Anexo 1. Listado florístico de los bosques de encino del Noreste de Coahuila

Familia	Género	Especie	Autor
Acanthaceae	<i>Ruellia</i>	<i>nudiflora</i>	(Engelm. & A. Gray) Urb.
	<i>Ruellia</i>	<i>occidentalis</i>	(A. Gray) Tharp & F.A. Barkley
	<i>Siphonoglossa</i>	<i>pilosella</i>	(Nees) Torr.
Anacardiaceae	<i>Rhus</i>	<i>microphylla</i>	Engelm.
	<i>Rhus</i>	<i>trilobata</i>	Nutt.

Familia	Género	Especie	Autor
Apocynaceae	<i>Metelea</i>	<i>biflora</i>	(Raf.) Woodson
Asparagaceae	<i>Yucca</i>	<i>coahuilensis</i>	Matuda & pina
	<i>Ambrosia</i>	<i>confertiflora</i>	DC.
	<i>Artemisia</i>	<i>ludoviciana</i>	Nutt.
	<i>Calyptocarpus</i>	<i>vialis</i>	Less.
	<i>Conoclinium</i>	<i>greggii</i>	(A. Gray) Small
	<i>Evax</i>	<i>verna</i>	Raf.
	<i>Gymnoperma</i>	<i>glutinosum</i>	(Spreng.) Less.
Asteraceae	<i>Helianthus</i>	<i>annus</i>	L.
	<i>Melampodium</i>	<i>cinereum</i>	DC.
	<i>Parthenium</i>	<i>hysterophorus</i>	L.
	<i>Sanvitalia</i>	<i>ocymoides</i>	DC.
	<i>Tymophylla</i>	<i>pentachaeta</i>	(DC.) Small
	<i>Viguiera</i>	<i>dentata</i>	(Cav.) Spreng.
	<i>Wedelia</i>	<i>acapulcensis</i>	Kunth
Boraginaceae	<i>Tiquilia</i>	<i>canescens</i>	(A. DC.) A.T. Richardson
Brassicaceae	<i>Lepidium</i>	<i>virginicum</i>	L.
	<i>Lesquerella</i>	<i>fendleri</i>	(A. Gray) S. Watson
Cactaceae	<i>Opuntia</i>	<i>lindheimeri</i>	Engelm.
	<i>Opuntia</i>	<i>rastrera</i>	F.A.C. Weber
Celastraceae	<i>Schaefferia</i>	<i>cuneifolia</i>	A. Gray
Convolvulaceae	<i>Envolvulus</i>	<i>alsinoides</i>	(L.) L.
Ebenaceae	<i>Diospyros</i>	<i>texana</i>	Scheele
	<i>Argythamnia</i>	<i>neomexicana</i>	Müll. Arg.
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>dioicus</i>	Cav.
	<i>Croton</i>	<i>pottsii</i>	(Klotzsch) Müll. Arg.

Familia	Género	Especie	Autor
	<i>Euphorbia</i>	<i>peplus</i>	L.
	<i>Tragia</i>	<i>ramosa</i>	Torr.
	<i>Acacia</i>	<i>berlandieri</i>	Dunal
	<i>Acacia</i>	<i>farnesiana</i>	(L.) Willd.
	<i>Acacia</i>	<i>greggii</i>	A. Gray
	<i>Acacia</i>	<i>rigidula</i>	Benth.
	<i>Acacia</i>	<i>shaffneri</i>	(S. Watson) F.J. Herm.
	<i>Dalea</i>	<i>bicolor</i>	Humb. & Bonpl. ex Willd.
Fabaceae	<i>Dermatophyllum</i>	<i>secundiflorum</i>	(Ortega) Gandhi & Reveal
	<i>Eysenhardtia</i>	<i>texana</i>	Scheele
	<i>Indigofera</i>	<i>miniata</i>	Ortega
	<i>Mimosa</i>	<i>biuncifera</i>	Benth.
	<i>Mimosa</i>	<i>malacophylla</i>	A. Gray
	<i>Prosopis</i>	<i>glandulosa</i>	Torr.
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>fusiformis</i>	Small
Juglandaceae	<i>Carya</i>	<i>illinoensis</i>	(Wangenh.) K. Koch
Krameriaceae	<i>Krameria</i>	<i>ramosissima</i>	(A. Gray) S. Watson
	<i>Hedeoma</i>	<i>drummondii</i>	Benth.
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>ballotiflora</i>	Benth.
	<i>Scutellaria</i>	<i>drummondii</i>	Benth.
	<i>Abutilon</i>	<i>wrightii</i>	A. Gray
	<i>Allowissadula</i>	<i>holosericea</i>	(Scheele) D.M. Bates
Malvaceae	<i>Hermannia</i>	<i>texana</i>	A. Gray
	<i>Hibiscus</i>	<i>martianus</i>	Zucc.
	<i>Sphaeralcea</i>	<i>hastulata</i>	A. Gray
Nyctaginaceae	<i>Nyctaginia</i>	<i>capitata</i>	Choisy
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i>	<i>dichondrifolia</i>	A. Gray

Familia	Género	Especie	Autor
Plantaginaceae	<i>Plantago</i>	<i>virginica</i>	L.
	<i>Aristida</i>	<i>purpurea</i>	Nutt.
	<i>Bouteloua</i>	<i>curtipendula</i>	(Michx.) Torr.
	<i>Bouteloua</i>	<i>trifida</i>	Thurb.
	<i>Digitaria</i>	<i>ciliaris</i>	(Retz.) Koeler
	<i>Eragrostis</i>	<i>palmeri</i>	S. Watson
	<i>Hilaria</i>	<i>berlangeri</i>	(Steud.) Nash
Poaceae	<i>Muhlenbergia</i>	<i>emersleyi</i>	Vasey
	<i>Nassella</i>	<i>leucotricha</i>	(Trin. & Rupr.) R.W. Pohl
	<i>Pappophorum</i>	<i>bicolor</i>	E. Fourn.
	<i>Schizachyrium</i>	<i>scoparium</i>	(Michx.) Nash
	<i>Setaria</i>	<i>grisebachii</i>	E. Fourn.
	<i>Sporobolus</i>	<i>airoides</i>	(Torr.) Torr.
	<i>Tridens</i>	<i>maticus</i>	(Torr.) Nash
Ranunculaceae	<i>Clematis</i>	<i>drummondii</i>	Torr. & A. Gray
	<i>Colubrina</i>	<i>texensis</i>	(Torr. & A. Gray) A. Gray
Rhamnaceae	<i>Condalia</i>	<i>hookeri</i>	M.C. Johnst.
	<i>Ziziphus</i>	<i>obtusifolia</i>	(Hook. ex Torr. & A. Gray) A. Gray
Rutaceae	<i>Thamnosma</i>	<i>texana</i>	(A. Gray) Torr.
	<i>Zanthoxylum</i>	<i>hirsutum</i>	Buckley
Sapindaceae	<i>Sapindus</i>	<i>saponaria</i>	L.
Sapotaceae	<i>Bumelia</i>	<i>celatrina</i>	Kunth
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum</i>	<i>frutescens</i>	(Berland.) I.M. Johnst.
Simaroubaceae	<i>Castela</i>	<i>texana</i>	(Torr. & A. Gray) Rose
Smilacaceae	<i>Smilax</i>	<i>bona-nox</i>	L.

Familia	Género	Especie	Autor
Solanaceae	<i>Lycium</i>	<i>berlandieri</i>	Dunal
	<i>Quincula</i>	<i>lobata</i>	(Torr.) Raf.
	<i>Solanum</i>	<i>elaeagnifolium</i>	Cav.
Ulmaceae	<i>Celtis</i>	<i>laevigata</i>	Willd.
	<i>Celtis</i>	<i>pallida</i>	Torr.
Verbenaceae	<i>Aloysia</i>	<i>gratissima</i>	(Gillies & Hook.) Tronc.
	<i>Verbena</i>	<i>canescens</i>	Kunth
Zygophyllaceae	<i>Guaiacum</i>	<i>angustifolium</i>	Engelm.

Anexo 2. Cuadro de sitios de muestreo en bosque de encino y variables ambientales

No. de sitio	Coordenadas		Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Temperatura media (°C)	Tipo de suelo
	X	Y				
1	322362	3146727	337	467.52	22.27	Xerosol háplico
2	323300	3149518	331	469.11	22.29	Castañozem cálcico
3	323304	3149130	332	468.9	22.28	Xerosol háplico
4	323519	3149253	331	469.18	22.29	Castañozem cálcico
5	323685	3149081	331	469.23	22.29	Xerosol háplico
6	324019	3147914	330	469.56	22.29	Xerosol háplico
7	324214	3145350	332	469.2	22.28	Castañozem cálcico
8	324782	3146652	329	470.03	22.29	Castañozem cálcico
9	325468	3147876	326	470.89	22.3	Castañozem cálcico
10	326027	3147159	325	471.29	22.3	Castañozem cálcico
11	326164	3148907	324	471.54	22.3	Castañozem cálcico
12	326598	3147992	323	471.9	22.31	Castañozem cálcico
13	328326	3150515	318	473.53	22.32	Castañozem cálcico
14	328703	3146818	316	474.1	22.33	Castañozem cálcico
15	329415	3148596	317	474.1	22.32	Castañozem cálcico
16	339655	3133317	307	479.59	22.33	Castañozem cálcico
17	339968	3118031	346	471.28	22.19	Castañozem cálcico
18	340034	3134241	303	480.57	22.35	Castañozem cálcico
19	340055	3134277	303	480.58	22.35	Castañozem cálcico

No. de sitio	Coordenadas		Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Temperatura media (°C)	Tipo de suelo
	X	Y				
20	340352	3118477	343	472.05	22.2	Castañozem cálcico
21	342674	3117949	334	474.74	22.23	Castañozem cálcico
22	342792	3166968	266	489.35	22.47	Rendzina
23	343535	3164092	270	488.73	22.46	Rendzina
24	343924	3165924	271	488.63	22.45	Rendzina
25	344818	3118725	328	476.72	22.24	Castañozem cálcico
26	345142	3124185	308	481.15	22.32	Castañozem cálcico
27	345299	3123785	307	481.42	22.32	Castañozem cálcico
28	345357	3120044	322	478.19	22.27	Castañozem cálcico
29	345582	3121025	320	478.69	22.27	Castañozem cálcico
30	346548	3118370	323	478.36	22.26	Castañozem cálcico
31	346652	3125391	297	484.01	22.35	Castañozem cálcico
32	346736	3120235	318	479.5	22.28	Castañozem cálcico
33	347099	3121930	306	482.21	22.32	Castañozem cálcico
34	347193	3116273	322	478.79	22.26	Castañozem cálcico
35	347295	3124810	293	485.09	22.36	Castañozem cálcico
36	347478	3121004	314	480.6	22.29	Castañozem cálcico
37	347500	3125084	289	486.02	22.38	Castañozem cálcico
38	347706	3117083	319	479.6	22.27	Castañozem cálcico
39	347904	3124901	288	486.37	22.38	Castañozem cálcico
40	348007	3124817	288	486.4	22.38	Castañozem cálcico

No. de sitio	Coordenadas		Altitud (msnm)	Precipitación (mm)	Temperatura media (°C)	Tipo de suelo
	X	Y				
41	348082	3124724	286	486.86	22.39	Castañozem cálcico
42	348186	3123793	288	486.46	22.38	Castañozem cálcico
43	348192	3118945	315	480.61	22.28	Castañozem cálcico
44	348307	3124025	287	486.71	22.38	Castañozem cálcico
45	348447	3120757	310	481.77	22.3	Castañozem cálcico
46	348870	3118079	310	481.92	22.3	Castañozem cálcico
47	349052	3124946	280	488.47	22.41	Castañozem cálcico
48	349255	3124601	278	488.97	22.41	Castañozem cálcico
49	349323	3120884	303	483.57	22.32	Castañozem cálcico
50	349459	3124913	277	489.25	22.42	Castañozem cálcico
51	349888	3119902	301	484.19	22.33	Castañozem cálcico
52	350168	3121536	298	484.92	22.34	Castañozem cálcico
53	350278	3115681	306	483.24	22.31	Castañozem cálcico
54	350382	3121895	296	485.42	22.35	Castañozem cálcico
55	350724	3122402	293	486.18	22.36	Castañozem cálcico
56	350969	3118857	291	486.71	22.36	Castañozem cálcico
57	352192	3117137	291	487.1	22.36	Castañozem cálcico
58	357598	3157175	253	496.92	22.48	Rendzina
59	359666	3158494	238	500.83	22.53	Rendzina
60	361457	3159139	208	507.92	22.64	Rendzina
61	349453	3116342	309	482.33	22.3	Castañozem cálcico
62	354553	3123659	281	490.00	22.39	Castañozem cálcico

*Coordenadas UTM WGS 84 Zona 14