

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE ESPECIES LEÑOSAS EN
POBLACIONES DE *Picea martinezii* T. F. Patterson EN MÉXICO

POR:

RICARDO ENRIQUE VILLALBA LUGO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

AGOSTO 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE ESPECIES LEÑOSAS EN
POBLACIONES DE *Picea martinezii* T. F. Patterson EN MÉXICO


POR:


RICARDO ENRIQUE VILLALBA LUGO

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL


ASESOR PRINCIPAL


Aprobado
TERRA
ALMA MATER
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Coordinación
División de Agronomía


COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
AGRONOMÍA

M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ DR. MARIO ERNESTO VÁZQUEZ
BADILLO

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

AGOSTO 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA DE ESPECIES LEÑOSAS EN
POBLACIONES DE *Picea martinezii* T. F. Patterson EN MÉXICO

POR:

RICARDO ENRIQUE VILLALBA LUGO

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA:

ASESOR PRINCIPAL


M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

ASESOR

DEPARTAMENTO FORESTAL


DR. JOSÉ ANGEL VILLARREAL QUINTANILLA

ASESOR


M.C. SALVADOR VALENCIA MANZO

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

AGOSTO 2009

Esta tesis corresponde a los estudios realizados con una beca otorgada por la Secretaría de Relaciones Exteriores del Gobierno de México en el marco del Programa de Cooperación Educativa y Cultural (PCEC) del gobierno de México a nacionales de la República de Paraguay.

Esta tesis ha sido apoyada por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 02.03.0207.2385. Este proyecto pertenece al Departamento Forestal y está a cargo del profesor investigador M.C. Celestino Flores López.

DEDICATORIA

A Dios padre: por ser un amigo y compañero, motivo y guía en mi vida, todo fue posible gracias a su infinito amor.

A mi mamá *Blanca Estela Lugo Medina* y mi papá *Enrique Eustaciano Villalba Valiente* por darme su cariño y amor, por el apoyo y el aliento, jamás tendré palabras suficientes para decirles cuanto los amo y los valoro.

A mis hermanos por ser mis grandes amigos, uno de los motivos principales de mi vida y un regalo que la vida me dio, por estar ahí en los momentos difíciles y alentarme con su alegría.

A mis abuelos/as y bisabuelos/as por el afecto y las enseñanzas de vida que me brindaron, por enseñarme a tener fe, y apoyarme siempre.

A mis tías/os por ser un sostén muy importante en mi vida y ayudarme a ver lo bueno de cada momento, para crecer y salir adelante.

A todos mis amigos, por hacerme el aguante durante mi carrera, con su aliento me llenaban de fuerza para realizar este sueño.

A vos por estar ahí en los momentos difíciles y agradables, por contagiarme siempre de tu fuerza y constancia, por mostrarme que lo más importante en la vida es tener siempre el deseo de superación, gracias mi amiga fiel, compañera y novia, *Nancy*

AGRADECIMIENTOS

Al Gobierno de México que a través de su Secretaría de Relaciones Exteriores me brindó la oportunidad de realizar mis estudios en este grandioso país, que constituyó en una experiencia de vida inigualable.

A mi "*Alma Mater*" por acogerme, aceptarme y ofrecerme las herramientas necesarias para alcanzar mi meta de ser un gran profesional.

Al M.C. Celestino Flores López por ser un guía y un apoyo constante para realizar este trabajo de tesis. Además agradezco sus valiosos consejos y su aporte de conocimientos que me servirán toda la vida.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo por sus comentarios y aportes al presente trabajo, además de sus consejos de vida que me brindó en el transcurso de la carrera.

Al Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla por su importante y valiosa ayuda en la identificación de especies, además de su contribución en la revisión y corrección del presente trabajo.

A los profesores del Departamento Forestal les doy las gracias por brindarme su amistad y por la confianza que me dieron que ayudó que mi estadía en esta casa de estudios sea agradable y provechosa.

A la Lic. Marta Elena Ochoa de la Secretaría de Relaciones Exteriores de la UAAAN, por sus atenciones desde nuestros primeros días en México y durante estos años. Muchas gracias de parte de todos por ser una gran persona e ir más allá de su compromiso laboral con nosotros y guiarnos siempre.

A todos mis compañeros de generación gracias por todos los momentos inolvidables que pasamos durante el transcurso de la carrera, aprendí mucho de cada uno de ustedes.

A mis “socios” y compatriotas Armando, Carlos, Hugo y Juan, gracias por ser como una familia estando lejos del hogar y hacer más llevadera y agradable nuestra estadía en este país.

A la congregación de las Hermanas Agustinas Azules de Canadá les agradezco profundamente por apoyarme con una beca en mis estudios de primaria y secundaria, su ayuda fue fundamental para mí y hoy que cumplo un sueño las valoro más que nunca.

Al Lic. Jorge Romero y su esposa Lic. Marilyn Álvarez gracias por tanto apoyo y amistad, gracias por apadrinarme en mis estudios de bachillerato, estoy aquí con la ayuda de ustedes, los aprecio mucho.

A la congregación Franciscanas Misioneras de María, por forjarme en la vida en el espíritu de la vida franciscana, brindarme su amistad y tenerme en cuenta siempre.

A todas las personas que me han dado su respaldo desde siempre y que me sirvió para que yo cumpla un gran sueño, ni con todas las gracias podré mostrarles mi reconocimiento hacia ustedes. *Aguijeterei pe'eme*

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	4
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
2.1 Descripción del área de estudio.....	5
2.1.1 Ubicación geográfica.....	5
2.1.2 Aspectos ecológicos.....	5
2.2 Diseño de muestreo y establecimiento de los sitios permanentes.....	8
2.3 Diversidad.....	9
2.4 Estructura de poblaciones.....	12
2.4.1 Estructura horizontal.....	12
2.4.2 Estructura vertical.....	13
2.4.3 Índice de valor de importancia.....	13
3 RESULTADOS.....	15
3.1 Diversidad.....	15
3.1.1 Riqueza de especies.....	15
3.1.2 Heterogeneidad.....	17
3.1.3 Equitatividad.....	18
3.2 Estructura de Poblaciones.....	18
3.2.1 Estructura Horizontal.....	18
3.2.1.1 Abundancia por población y especie.....	18
3.2.1.2 Dominancia por población y por especie.....	24

3.2.1.3	Diámetro y altura por población.....	25
3.2.1.4	Índice de esbeltez.....	26
3.2.1.5	Índice de valor de importancia (IVI) por población.....	26
3.2.2	Estructura vertical por población.....	27
3.3	Regeneración.....	33
4	DISCUSIÓN.....	39
4.1	Diversidad de especies.....	39
4.1.1	Riqueza de especies.....	39
4.1.2	Heterogeneidad.....	40
4.1.3	Equitatividad.....	42
4.2	Estructura de poblaciones.....	43
4.2.1	Estructura horizontal.....	44
4.2.1.1	Abundancia.....	44
4.2.1.2	Dominancia.....	45
4.2.1.3	Diámetro y altura promedio.....	46
4.2.1.4	Índice de esbeltez.....	47
4.2.1.5	Índice de valor de importancia.....	47
4.2.2	Estructura vertical.....	49
4.3	Regeneración.....	50
5	CONCLUSIONES	52
6	RECOMENDACIONES	53
7	LITERATURA CITADA	54
8	APÉNDICE	60

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Localización de las poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson en el Estado de Nuevo León (Ledig <i>et al.</i> , 2000).....	5
Cuadro 2	Valores de índices de diversidad obtenidos por población.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Distribución de <i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson en México.....	6
Figura 2	Aspectos de la diversidad de especies. (a) Riqueza de especies: La comunidad A es más diversa que la comunidad B por tener más especies. (b) Heterogeneidad: Las comunidades A y B tienen igual número de especies, pero la abundancia relativa es mayor en A, entonces por una medida de heterogeneidad A es más diverso que B. La comunidad C tiene el mismo patrón de abundancia que B pero con más especies, entonces C es más diverso que B. (c) Equitatividad: cuando todas las especies tienen igual abundancia en la comunidad, la equitatividad es máxima (Basado en Krebs, 1999)...	9
Figura 3	Curva acumulada de especies en poblaciones naturales de <i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson en México.....	16
Figura 4	Parámetros de las especies en la población de El Butano, Montemorelos, Nuevo León.....	20
Figura 5	Parámetros de las especies en la población de Agua Lardín, Aramberri, Nuevo León.....	21
Figura 6	Parámetros de las especies de la población de Agua Fría, Aramberri, Nuevo León.....	22
Figura 7	Parámetros de las especies en la población de La Encantada, Zaragoza, Nuevo León.....	23
Figura 8	Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en El Butano, Montemorelos, Nuevo León.....	29
Figura 9	Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en Agua Lardín, Aramberri, Nuevo León.....	30
Figura 10	Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en Agua fría, Aramberri, Nuevo León.....	31
Figura 11	Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en La Encantada, Zaragoza, Nuevo León.....	32
Figura 12	Regeneración de especies en poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson en México.....	34

RESUMEN

El presente trabajo describe la diversidad de especies y la estructura de las poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en México. *P. martinezii* es una de las tres especies de *Picea* presente en México y es la última en haber sido descrita. Su distribución se limita a la Sierra Madre Oriental en bosques mesófilos de montaña (BMM) en dos poblaciones conocidas como La Encantada y El Butano y dos reportadas en este trabajo que son Agua Lardín y Agua Fría. Esta especie está enlistada en peligro de extinción por la NOM-059- SEMARNAT 2003 y también es considerada en peligro crítico por la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza (IUCN).

Se establecieron de tres a siete sitios permanentes de muestreo por localidad. Los sitios fueron de 1000 m² donde se midieron árboles con diámetro normal (DN) \geq 15 cm; sitios concéntricos de 400 m² para DN \geq 5 y $<$ 15 cm y sitios de 80 m² para DN $<$ 5 cm. Se registró el género, especie, DN, altura del árbol (h), cobertura de copa. Para la estructura horizontal se evaluó: la abundancia, dominancia, DN, h promedio por especie e índice de esbeltez (h/DN); para la estructura vertical se evaluaron tres estratos de altura contra la abundancia y la dominancia. Se obtuvo el índice de valor de importancia de las especies. La diversidad se analizó considerando la riqueza de especies, la heterogeneidad y la equitatividad; la primera se estimó por medio del método de rarefacción y la curva acumulada de especies; la segunda utilizando el índice de Shannon-Wiener y del complemento del índice de Simpson y la tercera se evaluó con el índice de equitatividad de Simpson y la medida de equitatividad de Shannon.

Se encontró que las especies asociadas a *P. martinezii* en las cuatro poblaciones presentan afinidad a las condiciones ecológicas de los bosques mesófilos de montaña, considerándose relictuales en el Estado de Nuevo León, además que los BMM de *P. martinezii* son los menos diversos de México, sin embargo los mismos son únicos en su tipo debido a su estructura e índice de valor de importancia.

Palabras claves: *Picea martinezii*, diversidad, estructura horizontal, estructura vertical, bosque mesófilo de montaña.

ABSTRACT

This paper describes the species diversity and structure of populations of *Picea martinezii* T. F. Patterson in Mexico. *P. martinezii* is one of three species of *Picea* in Mexico and is the latest to have been described. Its distribution is limited to the Sierra Madre Oriental in mountain cloud forests (MCF) in two populations known as La Encantada and El Butano, and two reported in this paper are Agua Lardín and Agua Fría. This species is listed endangered by the NOM-059-SEMARNAT 2003 and is considered critically endangered by the International Union for Conservation of Nature (IUCN).

Were established from three to seven permanent sample sites per location. In the 1000 m² sites were measured trees with normal diameter (dbh) ≥ 15 cm; sites concentric of 400 m² for dbh ≥ 5 and <15 cm and 80 m² sites for dbh <5 cm. Recorded the genus, species, dbh, tree height (h), crown coverage. For the horizontal structure were evaluated: abundance, dominance, dbh, h average by species and the index of slenderness (h/dbh); for vertical structure were evaluated three layers of high against abundance and dominance. Were obtained the index of importance value of the species. The diversity was analyzed considering the species richness, evenness and heterogeneity; the first was estimated using the method of rarefaction and the cumulative curve of species, the second using the Shannon-Wiener index and complement of Simpson index and the third was evaluated with Simpson's measure of evenness and the Shannon evenness measure.

We found that species associated with *P. martinezii* in the four populations have affinity to the ecological conditions of mountain cloud forests, considered relictual in the State of Nuevo Leon, as well as MCF of *P. martinezii* are less diverse in Mexico, however they are unique in their type due to their structure and index of importance value.

Keywords: *Picea martinezii*, diversity, horizontal structure, vertical structure, mountain cloud forests.

1 INTRODUCCIÓN

El género *Picea* presenta seis especies en los Estados Unidos y México, tres son reportadas para este último: *Picea chihuahuana* Martínez, *P. mexicana* Martínez, *P. martinezii* T. F. Patterson. *P. chihuahuana* es reportada solo para la Sierra Madre Occidental, *P. mexicana* se encuentra en tres poblaciones El Coahuilón, Sierra la Marta y el Mohinora, las dos primeras ubicadas en la Sierra Madre Oriental y la tercera en la Sierra Madre Occidental (Ledig *et al.*, 2004) y *P. martinezii* se encuentra distribuida únicamente en la Sierra Madre Oriental en dos poblaciones conocidas: La Trinidad (que en adelante se denominará El Butano), Municipio de Montemorelos y La Tinaja (en adelante denominada La Encantada), Municipio de Zaragoza, N. L. (Capó *et al.*, 1997; Patterson, 1988) y otras dos población reportadas en el presente trabajo conocidas como Agua Fría y Agua Lardín localizadas en el Municipio de Aramberri, N. L.

Picea martinezii ha sido una de las últimas especies descritas del género siendo reportada primeramente como *P. chihuahuana* (Müller y Velázquez, 1983). Se encuentra en estatus de peligro de extinción de acuerdo con la norma oficial mexicana de protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión (NOM-059-ECOL) (SEMARNAT, 2003) y además está citada en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés) con estatus en peligro crítico (CR por sus siglas en inglés), esto debido al declive en el tamaño y/o calidad de su hábitat (Farjon y Page, 1999).

Las poblaciones de *Picea* en México presentan diferencias en cuanto a su distribución espacial así como en la asociación de especies. En particular *P. martinezii* se ha encontrado en asociación con especies de familias de regiones boreales, templadas, tropicales y subtropicales. Las especies reportadas para las poblaciones de La Encantada y El Butano sugieren que el tipo de vegetación de las mismas corresponde a un bosque mesófilo de montaña (Capó *et al.*, 1997; Valdez *et al.*, 2003), que son conocidos también como bosques de niebla y ocupan en México menos del 1 % del territorio, variando según los autores de 0.2 % (Flores *et al.*, 1971), 0.5 % (Leopold, 1950) y 0.86 % (Rzedowski, 1996). Este tipo de vegetación es rico en

diversidad (Valdez *et al.*, 2003), y contienen alrededor del 12 % de las especies de México y 30 % de éstas son de carácter endémico (Rzedowski, 1996).

El interés mundial en la diversidad se manifiesta en el “Convenio sobre la Diversidad Biológica” (UNEP, 1992) y en la “Estrategia Global para la Biodiversidad” que define a la misma como a la totalidad de genes, especies y ecosistemas de una región (WRI, UICN, PNUMA, 1992).

La biodiversidad está muy relacionada a las subsistencia y evolución de las culturas dentro de la historia (CONABIO, 2000). Dentro de un país se refleja por sus diferentes ecosistemas, número de especies, riqueza de especies entre regiones y cantidad de especies endémicas, entre otros. La diversidad ofrece varios servicios y utilidades como los ambientales, la flora silvestre, los recursos genéticos y otros. Su buen uso y aprovechamiento constituye un eje fundamental para el desarrollo de los países (CONABIO 1998).

Algunos autores consideran que el concepto de diversidad es claro y que su medición es fácil y rápida, pero la diversidad es más compleja (Magurran, 1989; Hill, 1973) ya que es el resultado de un complejo proceso evolutivo, la variabilidad entre organismos vivos y de los procesos ecológicos del que forman parte (Magurran, 1988). La importancia de su estudio radica principalmente en constituir un eje de la ecología, ya que las medidas de diversidad se consideran indicadores del buen funcionamiento de los ecosistemas (Magurran, 1989).

A escala espacial se han descrito tres términos de medición de la diversidad: diversidad alfa o diversidad presente en un área o ecosistema que se refiere al número de especies; diversidad beta que consiste en una comparación de diversidad entre ecosistemas, paisajes o hábitats; y diversidad gamma que es el número de especies a nivel regional (Whittaker, 1972; Halffter y Moreno, 2005; Koleff, 2005).

La diversidad de especies es un componente de la diversidad biológica y para medirla es necesario analizarla a partir de tres elementos: la riqueza de especies que es el número de especies en una comunidad y es el concepto más antiguo de la

diversidad de especies; la heterogeneidad que indica cuando una población o comunidad es más diversa que otra, aunque tenga igual número de especies; y la equitatividad que estima el grado en que se encuentra una población respecto a otra hipotética, y estima que desviación presenta la población con pocas especies dominantes y muchas especies no comunes comparado con una población donde todas las especies son igualmente comunes (Krebs, 1999).

Considerando lo anterior se han realizado investigaciones sobre la diversidad de especies utilizando índices de diversidad para conocer la riqueza, heterogeneidad, y equitatividad de diferentes ecosistemas como bosques tropicales, manglares y matorrales (Durán, 1995; Catalán *et al.*, 2003; Alanís, 2006; González, 2006; Partida, 2007). La diversidad de especies es solo uno de los componentes de los ecosistemas forestales, otro muy importante es la estructura de la vegetación (Prommerening, 2002).

La estructura es uno de los aspectos más importantes del entorno forestal ya que ésta puede ser manipulada por la silvicultura, y puede ser un buen indicador de la biodiversidad (Del Río *et al.*, 2003). Conocer las diversas estructuras de un bosque es importante porque ayuda a entender y describir el sentido del desarrollo del bosque y se considera una variable crítica para la toma de decisiones en el manejo del bosque especialmente en los esfuerzos de la conservación (Aguirre *et al.*, 2003; Gordon, *et al.*, 2005).

Considerando que *Picea martinezii* ha sido pobremente descrita en su diversidad y en la estructura de sus poblaciones, es justo conocer este tipo de bosques para contribuir a la información acerca de la riqueza de especies, describir las asociaciones de especies en estos tipos de vegetación, para una mejor toma de decisiones en la realización de actividades de manejo y conservación (Bauche *et al.*, 2002; Priego *et al.*, 2003).

En este trabajo se pretende realizar un estudio de la estructura horizontal así como vertical de las poblaciones de *Picea martinezii*, de igual manera se analizará la composición de especies de las poblaciones donde se encuentra la especie en estudio.

La información que se logre obtener puede resultar útil para propuestas de conservación de dichos hábitats y de las especies en riesgo o propensas a algún tipo de riesgo. Se pretende obtener datos relevantes que sirvan para proponer o sugerir medidas de conservación para las poblaciones más dañadas o disminuidas en su composición de especies.

1.1 Objetivo

Determinar la diversidad y la estructura de especies leñosas en cuatro poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en México.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del área de estudio

2.1.1 Ubicación geográfica

Las cuatro poblaciones de *Picea martinezii* en México se encuentran en la Sierra Madre Oriental, específicamente en el estado de Nuevo León (Figura 1) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Localización de las poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en el Estado de Nuevo León (Ledig *et al.*, 2000).

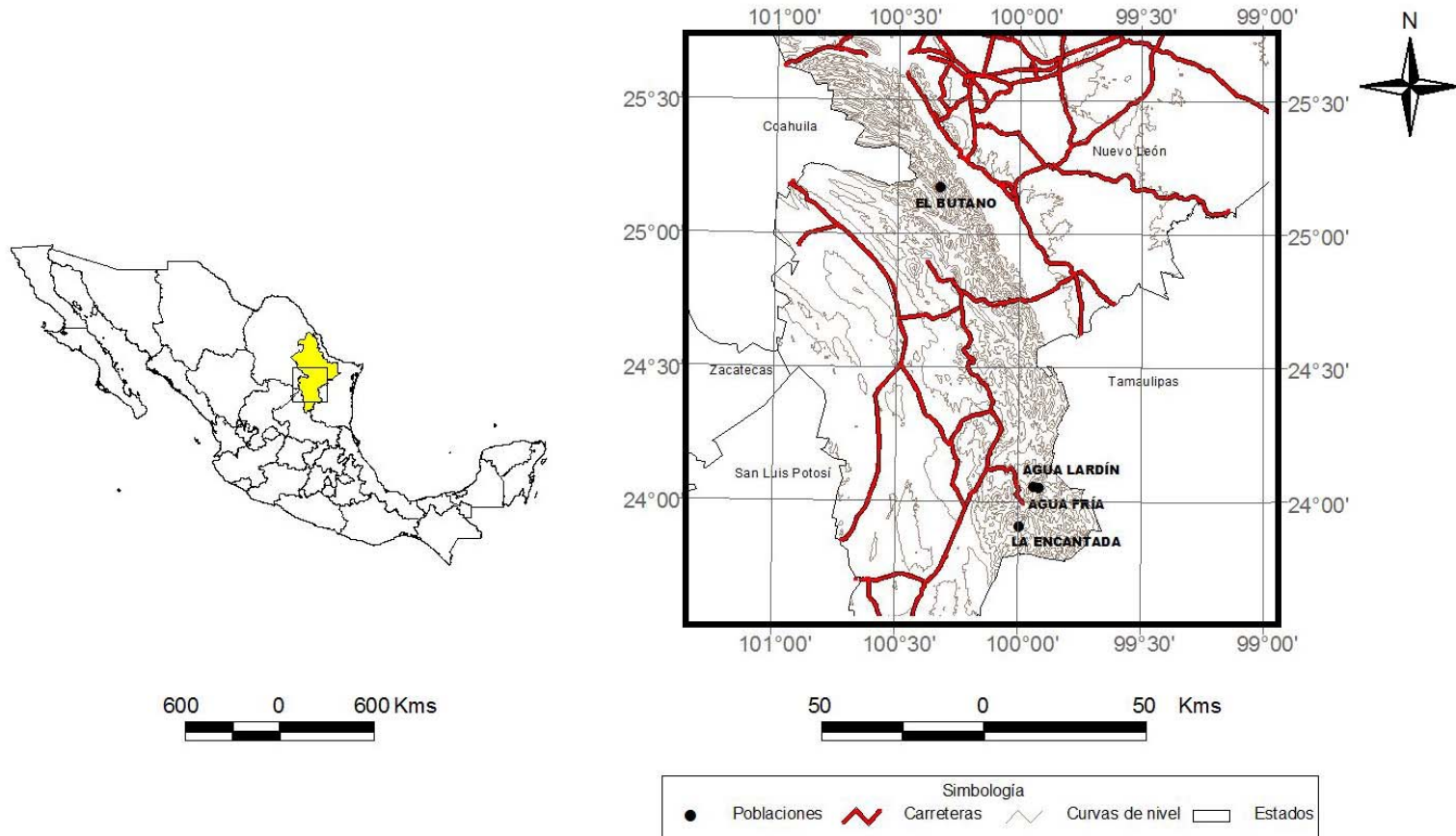
Población	Propiedad	Municipio	Coordenadas geográficas	Elevación (msnm [†])
El Butano	Ejido la Trinidad	Montemorelos	25° 10' 41" N 100° 07' 37" O	2180
Agua Lardín	Propiedad Privada: Agua de Alardín	Aramberri	24° 02' 34" N 99° 44' 04" O	2120
Agua Fría	Propiedad Privada: Agua Fría	Aramberri	24° 02' 17" N 99° 42' 39" O	1820
La Encantada	Ejido La Encantada	Zaragoza	23° 53' 24" N 99° 47' 30" O	2515

[†]Metros sobre el nivel del mar

Las poblaciones de *P. martinezii* tienen una distribución en un rango altitudinal que va de los 1820 msnm en la población de Agua Fría, hasta 2515 msnm en La Encantada. Las poblaciones de Agua Lardín y Agua Fría sólo se encuentran a aproximadamente 3 km de distancia una de otra.

2.1.2 Aspectos ecológicos

Para los aspectos climáticos de las poblaciones de *Picea martinezii* se utilizó el mapa digital de la República Mexicana colocando los puntos de las coordenadas de las poblaciones en el programa Arcview 3.3. Las poblaciones no tienen estaciones meteorológicas y las estaciones más cercanas no son representativas o se encuentran muy alejadas de las mismas.



Fuentes de referencia: CONABIO (2004); Ledig *et al.* (2000).

Figura 1. Distribución de *Picea martinezii* T. F. Patterson en México.

El clima de El Butano es semicálido subhúmedo (A) C (w1), presenta una temperatura media mayor a 18° C, en el mes más frío la temperatura es menor a 18° C y 22° C en el mes más caliente. La precipitación del mes más seco es menor a 40 mm, las lluvias de verano con índices de Precipitación/Temperatura (P/T) entre 42.3 y 55, el porcentaje de lluvia invernal se encuentra entre el 5 y 10.2 % del anual. (García y CONABIO, 1998).

Las poblaciones de Agua Lardín, Agua Fría y La Encantada presentan clima templado subhúmedo con temperatura media anual entre 12 y 18° C, la temperatura del mes más frío que va desde -3° C a 18° C, y la temperatura del mes más cálido bajo los 22° C. La precipitación en el mes más seco es menor a 40 mm, los índices de lluvias de verano y el porcentaje de lluvia invernal para Agua Fría y La Encantada son igual a los del El Butano, Agua Lardín presenta diferente índice de lluvia de verano P/T mayor a los 55. La fórmula climática para Agua Fría y La Encantada es C (w1) y Agua Lardín C (w2) (García y CONABIO, 1998).

En relación a la geología, en las poblaciones de Agua Fría, Agua Lardín y La Encantada las rocas son sedimentarias de tipo caliza y en El Butano las rocas son de sedimentarias de tipo caliza con lutitas (DETENAL, 1977b; CETENAL, 1977a; DETENAL 1979).

Los suelos en Agua Fría y Agua Lardín son litosoles con algunas áreas de rendzinas de textura media. En La Encantada los suelos son de tipo luvisol crómico de textura fina con pedregosidad lítica profunda. En El Butano el suelo es regosol eútrico con áreas pequeñas de litosoles, con una fase lítica y una clase textural fina (DETENAL, 1977a, 1978; CETENAL, 1977b).

En relación a la hidrología, las poblaciones La Encantada, Agua Fría y Agua Lardín pertenecen a la región hidrológica RH25 San Fernando-Soto La Marina en la cuenca Soto La Marina. La primera está localizada en las isoyetas de 200 a 400 mm, en cambio las dos últimas están localizadas en las isoyetas 400 a 800 mm. El Butano pertenece a la región hidrológica RH24 Bravo-Conchos en la cuenca Río Bravo-San Juan en las Isoyetas de 400 – 800 mm (CNA, 1998; García, 1990).

Para La Encantada se han reportado las siguientes especies asociadas a *Picea martinezii*: *Pinus ayacahuite* Ehrh. ex Schltl., *Pinus teocote* Schltl. et Cham., *Abies vejari* Martínez, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Quercus affinis* Scheid., *Q. sideroxylo* Humb. & Bonpl., *Q. greggii* (DC) Trel., *Q. mexicana* Humb. & Bonpl., *Populus tremuloides* Michx., *Arbutus xalapensis* Kunth, *Prunus serotina* Ehrh., *Taxus globosa* Schltl. (Müller y Velázquez, 1983; Müller y Watchel, 1986).

En la población El Butano se han reportado: *Abies vejari* Martínez, *Pinus teocote* Schltl. et Cham., *Pinus hartwegii* Lindl., *Taxus globosa* Schltl., *Cupressus arizonica* Greene, *Tilia floridiana* Small, *Carpinus sp.*, *Arbutus xalapensis* Kunth, *Quercus affinis* Scheid., *Crataegus sp.*, *Hicoria pecan* (Marsh.) Britt., *Ilex sp.*, además de los géneros *Juglans*, *Tilia*, *Cornus* y *Ostria* (Müller y Velázquez, 1983; Patterson, 1988; Capó *et al.*, 1997).

2.2 Diseño de muestreo y establecimiento de los sitios permanentes

El diseño de muestreo que se utilizó fue el simple al azar, los sitios evaluados fueron permanentes de acuerdo con la metodología empleada por Capó *et al.* (1997). El número de sitios establecidos fueron variables para cada población, en El Butano fueron seis sitios, en Agua Lardín tres, en Agua Fría siete y en La Encantada tres. En El Butano y La encantada se obtuvieron datos de sitios permanentes establecidos previamente en el trabajo realizado por Capó *et al.* (1997).

Los sitios de muestreo fueron de 1000 m² (radio de 17.84 m), con sitios concéntricos de 400 m² (radio de 11.28 m) y 80 m² (radio de 5.046 m). En el sitio de 1000 m², se obtuvieron datos de los árboles con diámetro normal (D.N.) mayor a 15 cm; en el sitio de 400 m² se evaluaron los árboles con diámetro entre 5 y 15 cm; y en el sitio de 80 m² se obtuvo la información de los árboles con diámetro menor a 5 cm.

La información obtenida fue: género, especie, diámetro del árbol a la altura del pecho (DAP), altura del árbol (h), cobertura de copa.

La evaluación de los árboles se realizó en base a distancias y azimut.

2.3 Diversidad

La diversidad se analizó desde los tres aspectos propuestos por Krebs (1999): riqueza de especies, heterogeneidad y equitatividad. En la Figura 2 se explican las diferencias entre estos conceptos.

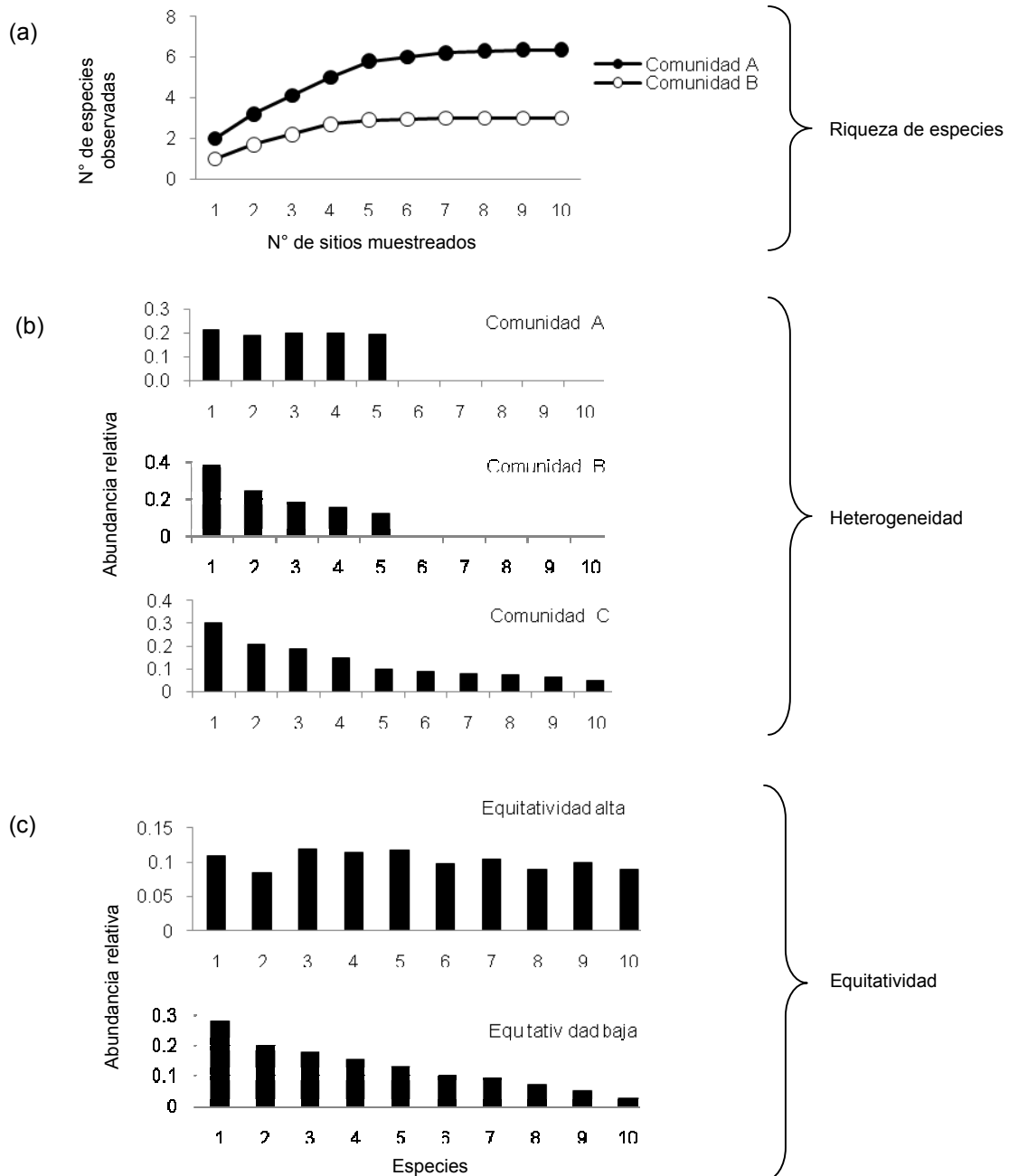


Figura 2. Aspectos de la diversidad de especies. (a) Riqueza de especies: La comunidad A es más diversa que la comunidad B por tener más especies. (b) Heterogeneidad: Las comunidades A y B tienen igual número de especies, pero la abundancia relativa es mayor en A, entonces por una medida de heterogeneidad A es más diverso que B. La comunidad C tiene el mismo patrón de abundancia que B pero con más especies, entonces C es más diverso que B. (c) Equitatividad: cuando todas las especies tienen igual abundancia en la comunidad, la equitatividad es máxima. Basado en Krebs (1999).

La riqueza de especies se estimó de dos formas: por medio del método de rarefacción y la curva acumulada de especies. El método de rarefacción consiste en un estadístico que estima el número de especies esperado en una muestra aleatoria de individuos tomados de una colección. Este método normaliza diferentes tamaños de muestra a un tamaño de muestra estandarizado (Krebs, 1999). La ecuación correspondiente al método de rarefacción se presenta a continuación:

$$E(\hat{S}_n) = \sum_{i=1}^s \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

Donde:

$E(\hat{S}_n)$ = número de especies esperado en una muestra aleatoria de n individuos.

s = número total de especies en la población

N_i = número de individuos en la especie i

N = número total de individuos en la población = $\sum N_i$

n = valor del tamaño de muestra elegido para estandarización ($n < N$)

$\binom{N}{n}$ = número de combinaciones de n individuos que puedan ser elegidos de una población (colección) de N individuos = $N!/n!(N - n)!$

También la riqueza de especies se estimó con la curva acumulada de especies que es la representación gráfica del número de especies observadas como función del esfuerzo de muestreo requeridos para poder observarlas (Colwell *et al.*, 2005). Para ambos casos se utilizó el programa BioDiversity Professional Versión 2 (Lambhead *et al.*, 1997).

La heterogeneidad se evaluó por medio del índice de Shannon-Wiener y del complemento del índice de Simpson. Con respecto al índice de Shannon-Wiener este muestrea los individuos al azar a partir de una población “indefinidamente grande” y asume que todas las especies están representadas en la muestra (Magurran, 1989).

Este índice es el grado de incertidumbre asociado a la selección aleatoria de un individuo en una comunidad y se mide en base al número de especies presentes y la abundancia relativa (Pla, 2006). Este índice es uno de los más utilizados para medir la heterogeneidad (Krebs, 1999). Para su determinación se utilizó el programa Krebs/Win the ecological methodology for windows versión 0.9 (Brzustowski, 1997) su fórmula es la siguiente:

$$H' = \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Donde:

H' = índice de diversidad de especies

s = número de especies

p_i = proporción de muestras totales pertenecientes a i especie

\log_2 = logaritmo en base dos

Otro índice utilizado para medir la heterogeneidad es el índice de Simpson que consiste en una medida de la dominancia de especies, donde a medida que la dominancia de ciertas especies aumenta la diversidad disminuye, y su rango es de 0 a 1 (Krebs, 1999). Para obtener su valor se utilizó programa Krebs/Win the ecological methodology for windows versión 0.9 (Brzustowski, 1997), utilizando el complemento del índice de Simpson.

$$1 - D = 1 - \sum p_i^2$$

Donde:

$1 - D$ = complemento del índice de Simpson

p_i = proporción de especies i en la comunidad

La equitatividad se estimó utilizando el índice de equitatividad de Simpson y la medida de equitatividad de Shannon. El primero presenta valores que van de 0 a 1 y no es sensible a la riqueza de especies (Smith y Wilson, 1996; Krebs, 1999) y se representa por la siguiente fórmula:

$$E_{1/D} = \frac{(1/D)}{S}$$

Donde:

$E_{1/D}$ = índice de equitatividad de Simpson

$1/D$ = inverso del índice de Simpson

S = número de especies en la muestra

El índice de equitatividad de Shannon utiliza la máxima diversidad posible (H'_{max}) que es el resultado de una situación donde todas las especies tienen abundancias iguales. La proporción resultante de dividir el índice de Shannon-Wiener (H') entre la máxima diversidad posible (H'_{max}) puede usarse como una medida de equitatividad (Pielou 1969, 1975) y su fórmula es la siguiente:

$$J' = H'/H'_{max}$$

Donde:

J' = índice de equitatividad de Shannon

H' = índice de Shannon-Wiener

H'_{max} = máxima diversidad posible

Tanto el índice de equitatividad de Simpson como el índice de equitatividad de Shannon fueron obtenidos con la ayuda del programa Krebs/Win the ecological methodology for windows versión 0.9 (Brzustowski, 1997).

2.4 Estructura de poblaciones

2.4.1 Estructura horizontal

La estructura horizontal se analizó a partir de datos dasométricos tomados en los sitios, las variables evaluadas fueron: el número de árboles por ha (abundancia), área basal (g) por ha y cobertura de copa (ambas como medida de dominancia de acuerdo

con Aguirre *et al.*, 2003), el diámetro normal a 1.3 m (DN), la altura media (h) por especie e índice de esbeltez (h/DN) (Aguirre *et al.*, 2003).

2.4.2 Estructura vertical

La estructura vertical en los sitios se evaluó en tres estratos de altura contra el número de árboles y contra ab por ha. Los estratos de altura quedarán de la siguiente forma (Aguirre *et al.*, 2003):

- a) Estrato I: integrará a las especies cuya altura se encuentre entre el 80 % y el 100 % de la altura máxima del rodal, esta altura máxima servirá de referencia para todos los estratos.
- b) Estrato II: especies cuya altura sea mayor al 50 % y menor al 80 % de la altura máxima del rodal.
- c) Estrato III: especies cuya altura sea hasta el 50 % de la altura mayor de referencia.

2.4.3 Índice de valor de importancia

Este índice conocido como índice de importancia ecológica se calculó sumando los valores relativos de frecuencia, densidad y dominancia de cada especie (Villavicencio y Valdez, 2003). La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$IVI = D r + Dom r + F r$$

Donde:

IVI = índice de valor de importancia

Dr = Densidad relativa

Domr = Dominancia relativa

Fr = Frecuencia relativa

Dr se obtuvo a partir de la siguiente fórmula (Villavicencio y Valdez, 2003):

$$D_r = \left(\frac{\text{Densidad / Especie}}{\text{Densidad de todas las especies}} \right) 100$$

Para *Domr* se utilizó:

$$Dom_r = \left(\frac{\text{Dominancia de la especie}}{\text{Dominancia de todas las especies}} \right) 100$$

Para *Fr* se utilizó:

$$F_r = \left(\frac{\text{Frecuencia de la especie}}{\text{Frecuencia de todas las especies}} \right) 100$$

3 RESULTADOS

3.1 Diversidad

3.1.1 Riqueza de especies

En total se determinaron 30 especies leñosas en las cuatro poblaciones, algunas especies encontradas son típicamente asociadas a regiones boreales como, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Abies vejari* Martínez, *Abies duranguensis var. coahuilensis* (Johnston) Martínez, *Picea martinezii* T. F. Patterson. También se encontraron especies asociadas a regiones subtropicales como *Carpinus caroliniana* Walter, *Cornus florida* L. ssp. *urbiniana* (Rose) Rickett., *Ilex rubra* S. Watson y *Sambucus nigra* L., entre las especies asociadas a regiones tropicales se encontró *Fagus grandifolia* Ehrh. ssp. *mexicana* Martínez y *Liquidambar styraciflua* L., entre otras. La población Agua Fría presentó el mayor número de especies (17) seguido por Agua Lardín (15) y por último El Butano y La Encantada (ambas con 12 especies) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de índices de diversidad obtenidos por población.

Población	No. Sitios	Riqueza de especies		Heterogeneidad		Equitatividad	
		No. Especies	E Rarefacción	(H') Shannon	1-D Simpson	E _{1/D}	J'
El Butano	6	12	8.03	3.11	0.864	0.612	0.867
Agua Lardín	3	15	10.24	3.63	0.967	0.720	0.931
Agua Fría	7	17	8.60	3.24	0.864	0.434	0.792
La Encantada	3	12	7.09	2.86	0.831	0.493	0.798

E= Método de rarefacción. H'= Índice de Shannon-Wiener (\log_2). 1-D= Complemento del índice de diversidad de Simpson. E_{1/D}= Índice de equitatividad de Simpson. J' = Índice de equitatividad de Shannon

De acuerdo con el método de rarefacción, Agua Lardín presentó el valor más alto (10.24) seguido de Agua Fría (8.6), con un valor cercano El Butano (8.03) y La Encantada mostró el valor más bajo (7.09) (Cuadro 2). Este método estandariza el número de muestras cuando estas son diferentes y calcula la probabilidad de que las especies muestreadas dentro de un determinado número de individuos sean diferentes (Krebs, 1999). En este método se calculó la probabilidad en base a 21 individuos, este

criterio se consideró ya que este valor es el inmediato superior al mayor valor de número de especies encontradas entre las poblaciones (17).

La curva acumulada de especies se realizó por sitios muestreados en cada población (Figura 3) y ésta muestra que el punto más alto fue para Agua Fría, además se observa que la curva no alcanza su punto de estabilización total.

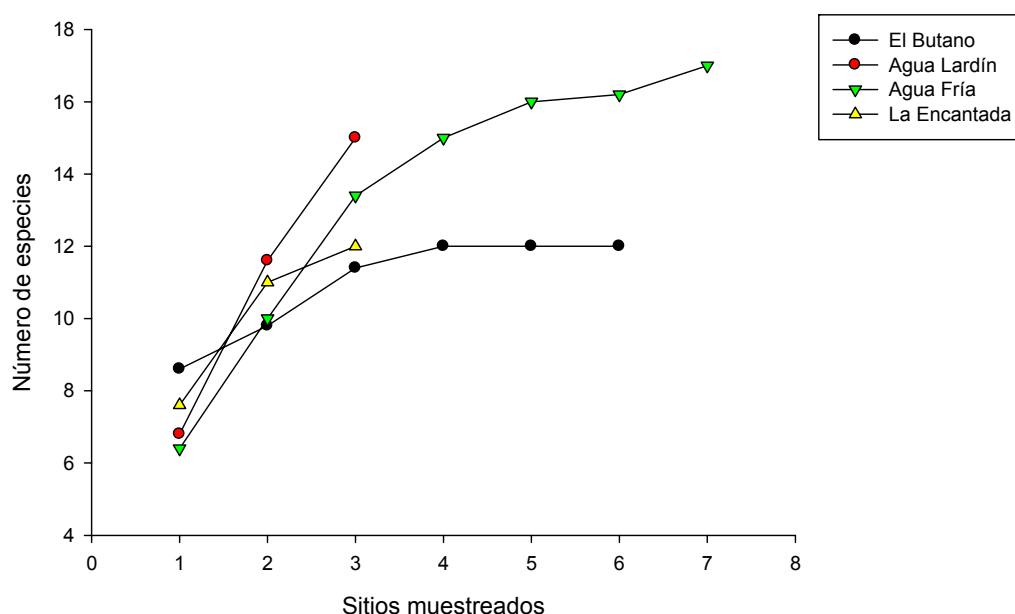


Figura 3. Curva acumulada de especies en poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson en México.

El segundo punto más alto fue para Agua Lardín con tres sitios (Figura 3), en este caso la pendiente de la curva muestra un ascenso a medida que el número de sitios aumenta y con los tres sitios muestreados todavía no alcanza su punto de estabilización, esto quiere decir que el número de sitios no es suficiente para determinar la riqueza de especies para esta población.

Las poblaciones de El Butano y La Encantada presentaron igual número de especies (12) (Cuadro 2), la diferencia entre ambas poblaciones de acuerdo con la curva (Figura 3) consiste en que El Butano la curva comienza a estabilizarse a partir del sitio cuatro, de acuerdo con esto, el número de sitios es suficiente para estimar el

número de especies en dicha población. En cambio la curva para La Encantada (Figura 3) muestra una tendencia a estabilizarse con los tres sitios pero, no en su totalidad, por lo tanto el esfuerzo de muestreo no es suficiente para determinar la riqueza de especies en La Encantada. Es importante aclarar que las poblaciones donde se muestrearon pocos sitios son las poblaciones cuyos rodales son pequeños en superficie.

3.1.2 Heterogeneidad

La heterogeneidad permite conocer que poblaciones son más diversas aunque tengan igual número de especies (Krebs, 1999). El índice de Shannon-Wiener aumenta con el número de especies en las comunidades y en la práctica en comunidades biológicas su valor no debería exceder de 5.0 (Whashington, 1984).

La población que presentó mayor índice Shannon-Wiener fue Agua Lardín (3.63), esto se debe a que presenta una abundancia bien distribuida entre las especies encontradas. Agua Fría presentó el segundo valor más alto (3.24) pero con mayor número de especies (17) que Agua Lardín (15). El Butano mostró el tercer valor más elevado (3.11) y La Encantada presentó el valor más bajo de todos (2.86) (Cuadro 2). Por lo tanto de acuerdo con Krebs (1999) la población más diversa de las cuatro poblaciones de *Picea martinezii* en México es Agua Fría, y La Encantada presenta la menor diversidad.

Con respecto al complemento del índice de diversidad de Simpson éste permite observar la probabilidad de seleccionar dos individuos de diferentes especies en una muestra aleatoria y su rango es de 0 a 1 (Krebs, 1999).

La población de Agua Lardín presentó el valor más alto (0.967), en tanto que El Butano y Agua Fría presentaron ambos el segundo valor más alto (0.864) (Cuadro 2), de acuerdo con estos resultados Agua Lardín muestra un valor cercano al máximo que es 1, por lo que se considera una población con la mayoría de sus especies comunes y pocas especies raras y existe mayor probabilidad de que aleatoriamente se seleccionen dos individuos de diferentes especies. En cambio tanto El Butano como Agua Fría tienen una heterogeneidad similar a pesar de tener diferente cantidad de especies (Krebs, 1999). El valor más bajo fue para La Encantada (0.831).

3.1.3 Equitatividad

La equitatividad es el grado en que se encuentra una población con pocas especies comunes y muchas especies raras en abundancia, respecto de una población donde todas las especies son comunes (Krebs, 1999).

Un método para medir la equitatividad es utilizando el índice de equitatividad de Simpson, el cual es poco afectado por las especies raras de una muestra y su rango va de 0 a 1 (Krebs, 1999), donde el valor 1 significa que la distribución de la abundancia de las especies en la población es homogénea, y el valor cercano a 0 significa que las especies tienen una distribución heterogénea de sus abundancias. Los resultados para este índice muestran que el mayor valor fue para Agua Lardín (0.720), seguido por El Butano (0.612), La Encantada (0.493) y Agua Fría (0.434) (Cuadro 2).

De igual manera el índice de equitatividad de Shannon (J') se obtuvo dividiendo el valor H' de Shannon-Wiener entre el H'_{\max} , éste último es el máximo valor del índice que se obtendría si se tuvieran el mismo número de especies e individuos. El resultado muestra que Agua Lardín tiene un valor más cercano a su H'_{\max} ($J' = 0.967$), Agua Fría presentó el valor más bajo ($J' = 0.792$) esto último se debe a que la distribución de abundancia entre sus especies es heterogénea.

3.2 Estructura de Poblaciones

3.2.1 Estructura Horizontal

3.2.1.1 Abundancia por población y especie

La población que presentó mayor abundancia fue La Encantada con 1145 individuos ha^{-1} seguido por El Butano (910), Agua Lardín (520) y al final Agua Fría (395) (Figuras 4, 5, 6, 7 y Apéndices 1, 2, 3, 4).

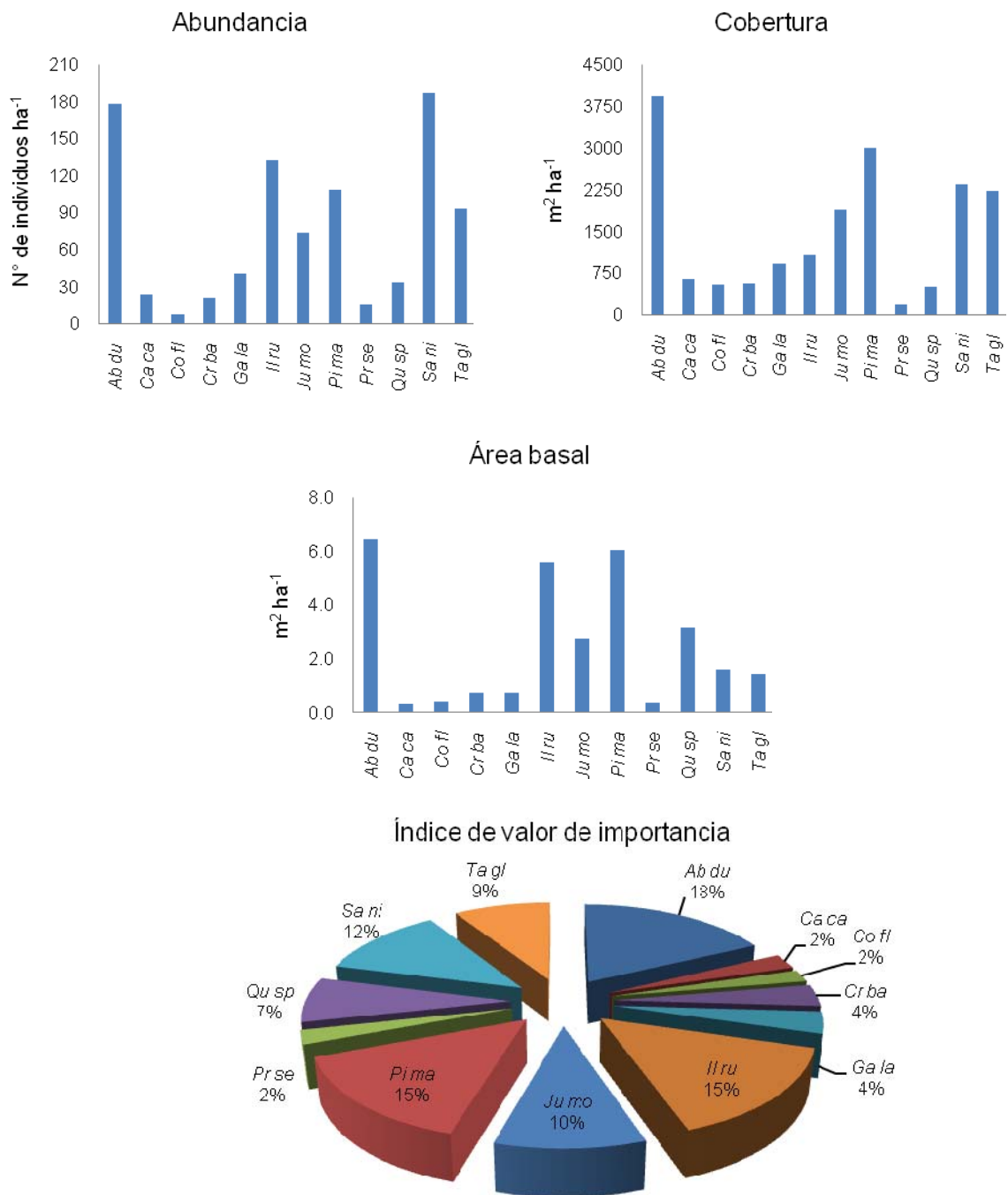
Con respecto a la población de mayor abundancia, La Encantada, a pesar de ser la población con menor superficie presentó los valores más altos en abundancia, donde las especies representativas son *Abies vejari* Martínez con 283 individuos ha^{-1} , seguida por *Taxus globosa* Schltl. (265), *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw (181) y finalmente *Picea martinezii* T. F. Patterson (161), estas cuatro especies corresponden el 77.8% de la abundancia total de la población. El restante 22.2 % corresponde al género *Quercus*, y las especies *Pseudotsuga menziessi* (Mirb.) Franco, *Carpinus*

caroliniana Walter, *Pinus teocote* Schltld. et Cham., *Arbutus xalapensis* Kunth, y *Cornus florida* L. ssp. *urbiniana* (Rose) Rickett (Figura 7 y Apéndice 4).

En el orden de abundancias por población sigue El Butano, que presentó 910 individuos ha^{-1} , en esta población la más abundante fue *Sambucus nigra* con 187 individuos ha^{-1} , *Abies duranguensis* var. *coahuilensis* (178), *Ilex rubra* (132), *Picea martinezii* (108) y *Taxus globosa* (93). Estas especies representan más del 75 % de la abundancia por ha^{-1} en la población. Las especies que integran menos del 25 % de abundancia en la población son *Juglans mollis* con 73 individuos por ha^{-1} , *Garrya laurifolia* ssp. *macrophylla* (40), *Quercus* sp (33), *Carpinus caroliniana* (23), *Crataegus baroussana* (21), *Prunus serotina* (15), y por último *Cornus florida* ssp. *urbiniana* (7) (Figura 4 y Apéndice 1).

El tercer lugar en abundancia total fue Agua Lardín con 520 individuos ha^{-1} , las especies que representan más del 77 % de abundancia en orden son *Quercus sideroxylla* con 95 individuos ha^{-1} , seguido por *Ilex rubra* (66), *Abies* sp (50), *Picea martinezii* (41), *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* (38) con igual abundancia están *Pinus teocote* (38) y *Quercus* sp (38), y por último dentro del grupo de especies con más abundancia está *Carpinus caroliniana* (35). Las especies menos abundantes en esta población con menos del 23 % de abundancia se tiene *Cornus florida* ssp. *urbiniana* (28), *Quercus laeta* (25), *Tilia americana* (20), *Pinus estevezii* (18), siguen con igual abundancia *Arbutus xalapensis* y *Taxus globosa* (10), y por último *Sambucus nigra* (8) (Figura 5 y Apéndice 2).

La menor abundancia la presentó Agua Fría con un total de 395 individuos ha^{-1} . En esta población dentro del 78 % de abundancia se tiene a seis especies que en orden de mayor abundancia son *Picea martinezii* (99), *Abies* sp (70), *Ilex rubra* (52), *Quercus laurina* (40), *Carya ovata* (29) y *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* con 20 individuos ha^{-1} . Las especies con una abundancia menor al 22 % son *Carpinus caroliniana* (19), *Taxus globosa* (19), *Pinus estevezii* (15), *Sambucus nigra* (15), *Liquidambar styraciflua* (6), *Crataegus baroussana* (4), morfoespecie 3 (3), y con 1 individuo ha^{-1} se presenta *Prunus serotina* Ehrh. var. *serotina*, morfoespecie 1, morfoespecie 2 y *Tilia americana* (Figura 6 y Apéndice 3).



Ab du= *Abies duranguensis* var. *coahuilensis* (Johnston) Martínez; Ca ca= *Carpinus caroliniana* Walter; Co fl= *Cornus florida* L. ssp. *urbiniana* (Rose) Rickett.; Cr ba= *Crataegus baroussana* Ettl.; Ga la= *Garrya laurifolia* Hartw. ssp. *macrophylla* (Benth.) Dalwng; Il ru= *Ilex rubra* S. Watson; Ju mo= *Juglans mollis* Engelm.; Pi ma= *Picea martinezii* T. F. Patterson; Pr se= *Prunus serotina* Ehrh.; Qu sp= *Quercus sp*; Sa ni= *Sambucus nigra* L.; Ta gl= *Taxus globosa* Schtdl.

Observación: Los valores del índice de valor de importancia del apéndice 1, 2, 3 y 4 fueron divididos entre tres para obtener la gráfica de tipo pastel.

Figura 4. Parámetros de las especies en la población de El Butano, Montemorelos, Nuevo León.

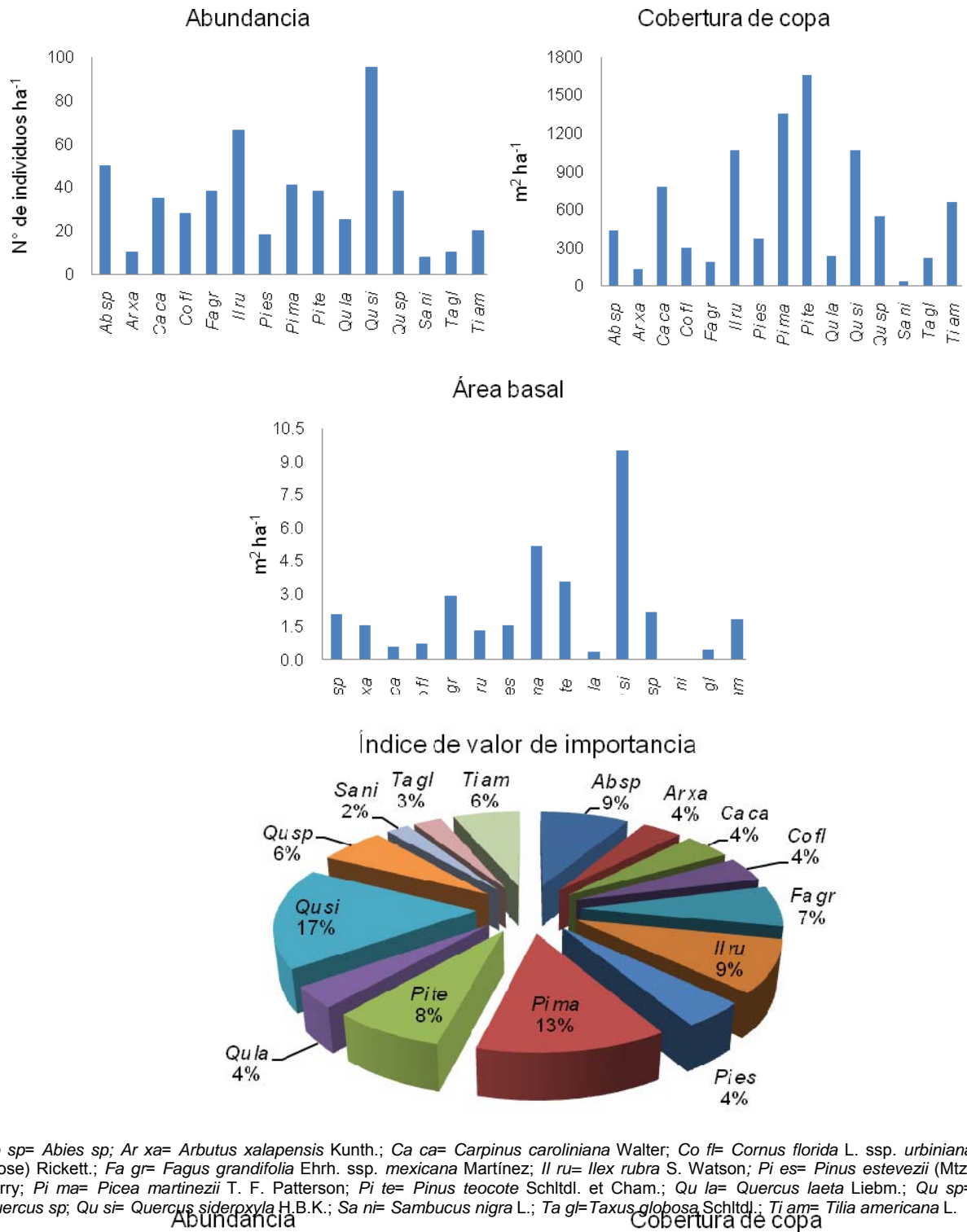
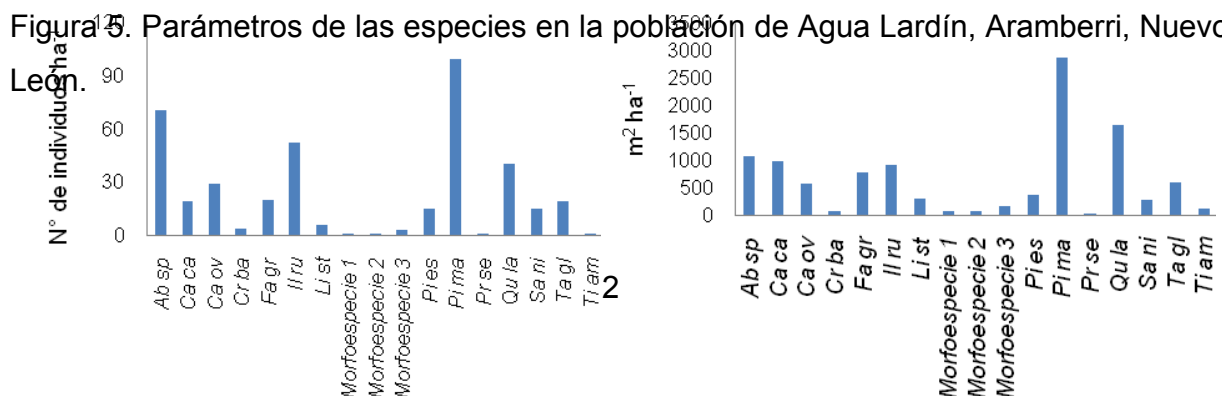
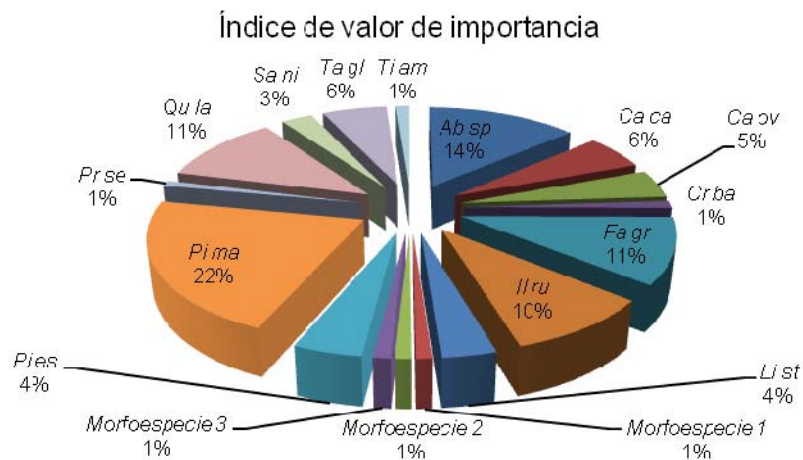
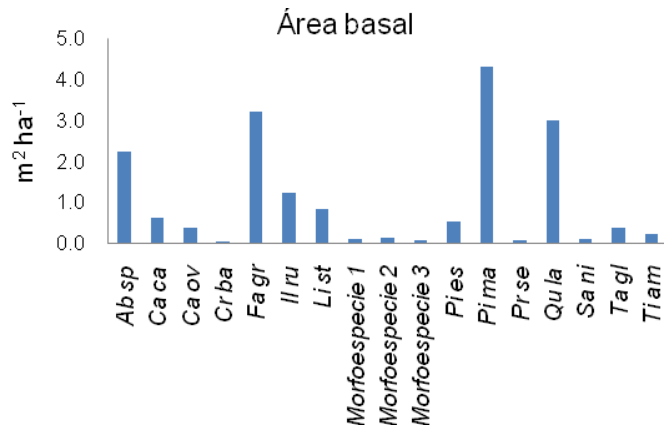


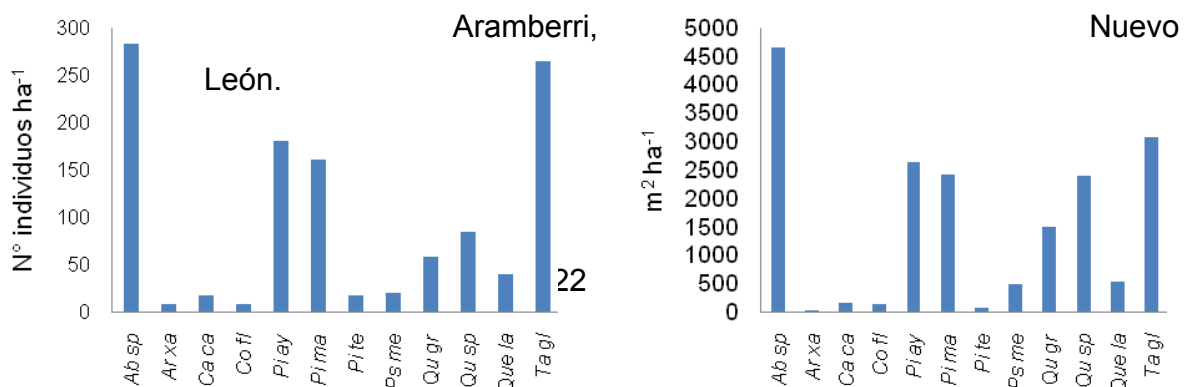
Figura 5. Parámetros de las especies en la población de Agua Lardín, Aramberri, Nuevo León.

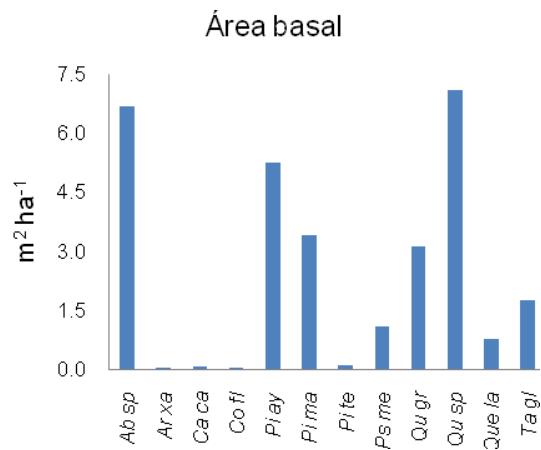




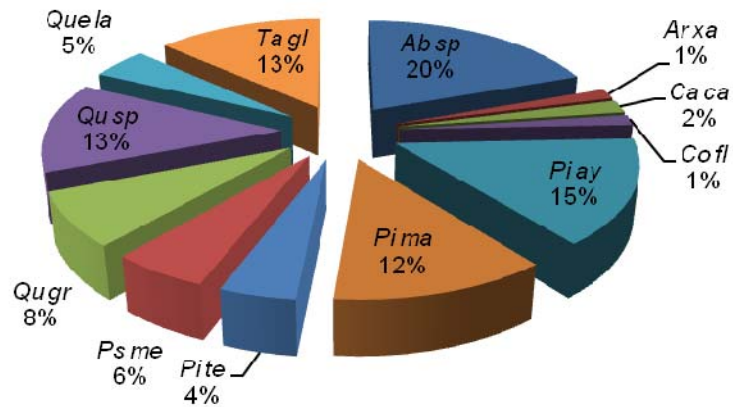
Ab sp= *Abies sp*; Ca ca= *Carpinus caroliniana* Walter; Ca ov= *Carya ovata* (Mill.) K. Koch.; Cr ba= *Crataegus baroussana* Eggl. ; Fa gr= *Fagus grandifolia* Ehrh. ssp. *mexicana* Martínez; Il ru= *Ilex rubra* S. Watson; Li st= *Liquidambar styraciflua* L.; Morfoespecie 1= Especie no identificada; Morfoespecie 2= Especie no identificada; Morfoespecie 3= Especie no identificada; Pi es= *Pinus estevezii* (Mtz) Perry; Pi ma= *Picea martinezii* T. F. Patterson; Pr se= *Prunus serotina* Ehrh. var. *serotina*; Qu la= *Quercus laurina* Humb. & Bonpl.; Sa ni= *Sambucus nigra* L.; Ta gl= *Taxus globosa* Schldt.; Ti am= *Tilia americana* L.

Figura 6. Parámetros de las especies de la población de Agua Fría,





Índice de valor de importancia



Ab ve= *Abies vejari* Martínez; *Ar xa*= *Arbutus xalapensis* Kunth; *Ca ca*= *Carpinus caroliniana* Walter; *Co fl*= *Cornus florida* L. ssp. *urbiniana* (Rose) Rickett; *Pi ay*= *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw; *Pi ma*= *Picea martinezii* T. F. Patterson; *Pi te*= *Pinus teocote* Schltdl. et Cham.; *Ps me*= *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco; *Qu gr*= *Quercus greggii* (A.DC.) Trel.; *Qu la*= *Quercus laurina* Humb. & Bonpl; *Qu sp*= *Quercus* sp; *Ta gl*= *Taxus globosa* Schltdl.

Figura 7. Parámetros de las especies en la población de La Encantada, Zaragoza, Nuevo León.

Si se considera este 78%, alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes de la abundancia en las poblaciones se tiene que el número de especies dentro de este grupo por población fue diferente en cada una de ellas, teniendo a Agua Lardín con ocho especies y La Encantada con la cantidad menor cuatro especies y las otras poblaciones con cinco y seis especies. Es interesante notar que en el género *Pinus* no presenta una abundancia alta en todas las poblaciones ya que solamente *Pinus teocote* en Agua Lardín y *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* en La Encantada se presentan dentro de las especies más abundantes, más bien se encuentra a *Sambucus nigra*, con la mayor abundancia en El Butano, o *Quercus sideroxyla* en Agua Lardín, *Picea martinezii* en Agua Fría, y *Abies vejari* en La Encantada.

De las especies que están dentro de los 78% de la abundancia en cada población y que se presentan en todas las poblaciones son *Picea martinezii* y el género *Abies*, dentro de este grupo de especies más abundantes también se encuentra *Ilex rubra* en tres poblaciones, ya que en La Encantada no se presenta. Otra especie que se presenta en todas las poblaciones es *Taxus globosa*, pero su abundancia varía ya que en dos poblaciones se presentan dentro del 78% y las otras dos en menor abundancia.

Algo interesante es notar que en Agua Lardín y Agua Fría *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* se presenta entre las de mayor abundancia (Figuras 5, 6 y Apéndices 2, 3).

Entre las especies más comunes pero con menor abundancia en todas las poblaciones se tiene a *Carpinus caroliniana* que su abundancia es menor en tres poblaciones es decir no figura entre las especies que conforman 78% de la abundancia, pero en Agua Lardín estuvo dentro del 78% de abundancia.

3.2.1.2 Dominancia por población y por especie

La dominancia de acuerdo con Aguirre *et al.* (2003) puede ser expresada por la cobertura de copa así como por el área basal. En cuanto a cobertura La Encantada nuevamente sobresale en cobertura con el valor más alto 18,100 m² ha⁻¹, posteriormente El Butano (17,802), seguido de Agua Fría (10,938) y finalmente Agua Lardín (9,015) (Figuras 4, 5, 6, 7 y Apéndices 1, 2, 3, 4).

La mayor cobertura presentada por La Encantada (18,100) no corresponde al mayor área basal (Figura 7 y Apéndice 4), ya que la población Agua Lardín con menor

cobertura (9,015) tiene el mayor área basal ($33.8754 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) (Figura 5 y Apéndice 2) por lo tanto es la población que presentó mayor dominancia ya que realmente la dominancia está dada por el área basal (Aguirre *et al.*, 2003).

Los valores de cobertura son muy variables por especie sin embargo el género *Abies* sobresale en dos poblaciones con *Abies vejari* con el valor más alto $4,658 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ en La Encantada y *Abies duranguensis* var. *coahuilensis* $3,934 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, sin embargo, en Agua Fría sobresale *Picea martinezii* con una cobertura de $2875 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y en Agua Lardín sobresale *Pinus teocote* con $1,063 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$.

Con respecto al área basal en todas las poblaciones *Picea martinezii* tiene una dominancia relativa, pero siempre permanece dentro de los cuatro primeros lugares en dominancia. En Agua Fría presentó el mayor valor en Agua Fría con $4.2998 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, el género *Quercus* presentó los mayores valores en La Encantada (7.0958) y en Agua Lardín (9.5041), mientras que en El Butano el mayor área basal lo presentó *Abies duranguensis* var. *coahuilensis* (6.4208) (Figuras 4, 5, 6, 7 y Apéndices 1, 2, 3, 4).

3.2.1.3 Diámetro y altura por población

El diámetro promedio mayor por población lo presentó Agua Fría con 24.3 cm, seguido por Agua Lardín 23.6 cm, El Butano 21.1 cm y por último La Encantada con 15.8 cm (Apéndices 1, 2, 3, 4).

El mayor diámetro normal promedio (DN) entre poblaciones se registró en Agua Fría que fue la única población con DN mayores a los 40 cm, con tres especies, *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* (43.5) *Tilia americana* (43.5) y *Liquidambar styraciflua* (42.0). En Agua Fría se encontraron 10 especies con $\text{DN} \geq 20 \text{ cm}$ (Apéndice 3). Agua Lardín registró los segundos diámetros más altos por especie por población con un total de 10 especies con $\text{DN} \geq 20 \text{ cm}$; dentro de éstos *Pinus estevezii* sobresalió con un DN de 34 cm (Apéndice 2). En el orden sigue El Butano con nueve especies con $\text{DN} \geq 20 \text{ cm}$ y *Quercus* sp con DN de 34.2 cm presentó el mayor diámetro (Apéndice 1). Por último La Encantada mostró sólo tres especies con $\text{DN} \geq 20 \text{ cm}$, dentro de éstos sobresale *Quercus* sp con DN de 30.74 cm (Apéndice 4).

La altura promedio por población es de 10 m en adelante. La mayor altura promedio por población la presentó Agua Fría con 14.6 m, seguido por Agua Lardín 13.8 m, El Butano 13.2 m y por último La Encantada con 10.0 m (Apéndices 1, 2, 3, 4).

La población con mayor altura promedio de todas las poblaciones de *Picea martinezii* fue Agua Fría con *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* con 27.3 m en Agua Fría (Apéndice 3). Seguido de Agua Fría, Agua Lardín presentó a *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* con 22.7 m de altura (Apéndice 2). En la población de El Butano la especie con mayor altura fue *Quercus* sp con 20.9 m (Apéndice 1) y por último las menores alturas se presentaron en La Encantada y dentro de ésta población la mayor altura la registro *Pseudotsuga menziesii* con 18.3 m (Apéndice 4).

3.2.1.4 Índice de esbeltez

El promedio por población fue de 60 % a 70 %. El mayor promedio fue para la Encantada (70) y en las demás poblaciones coincidieron con 60 % de índice de esbeltez. La especie con mayor índice de esbeltez por población fue *Arbutus xalapensis* (102 %) en la Encantada (Apéndice 4). *Carpinus caroliniana* presentó un índice de esbeltez de 93 % en El Butano (Apéndice 1). En Agua Fría y Agua Lardín *Abies* sp presentó el mayor índice de esbeltez con 83 % y 81 %, respectivamente.

Las especies con menor índice de esbeltez fueron *Tilia americana* (24%), *Prunus serotina* var. *serotina* (25%), y morfoespecie 1 (27%) todas en Agua Fría (Apéndice 3). En las demás poblaciones los índices de esbeltez fueron superiores a 40%, por población los valores menores fueron para *Quercus sideroxylla* que presentó un índice de esbeltez de 41% en Agua Lardín, seguido por *Quercus* sp (45%) en La Encantada y en El Butano *Taxus globosa* y *Crataegus baroussana* ambos con 49% (Apéndices 1, 2, 4).

3.2.1.5 Índice de valor de importancia (IVI) por población

Este índice es el resultado de las sumas de densidad, dominancia (expresado en área basal) y frecuencia relativa, por lo que el reunir todas estas variables ayuda a determinar la importancia de las especies en cada población (Villavicencio y Valdez, 2003).

Las especies con más alto valor de importancia en El Butano fueron *Abies duranguensis* var. *coahuilensis* (53.4), seguido por *Ilex rubra* (45.5) y *Picea martinezii* (44.3). Además es importante mencionar que *Sambucus nigra* presentó un valor alto (36.0) a pesar que tuvo la mayor densidad en la población (Figura 4 y Apéndice 1).

En la población de Agua Lardín la especie que resaltó con un alto valor de importancia respecto de las demás fue *Quercus sideroxylla* (51), considerando que el segundo valor más alto fue relativamente más bajo que el primero y fue *Picea martinezii* (38). Los demás valores más altos fueron por debajo de 30, y entre esos resalta *Ilex rubra* (27), de las demás especies sólo se encontraron dos que presentaron valores menores a 10 (Figura 5 y Apéndice 2).

Picea martinezii fue la especie más importante en Agua Fría con un valor muy alto de 64.3, además en este fue el más alto de todas las poblaciones. La siguiente especie más importante fue *Abies sp* (41.0) luego *Ilex rubra* (33.5). De las 17 especies presentes en esta población, siete mostraron un valor de importancia menor a 10 (Figura 6 y Apéndice 3).

La especie con mayor importancia en La Encantada fue *Abies vejari* (58.6), seguido por *Pinus ayacahuite* (44.8) y *Taxus globosa* (40.2). En esta población tres especies presentaron un valor de importancia menor a 10 (Figura 7 y Apéndice 4).

Picea martinezii presentó valores de importancia altos en tres de las cuatro poblaciones, sólo en La Encantada presentó un valor inferior al de los tres valores más altos en la misma, y presentó el valor más alto de importancia ecológica en Agua Fría.

3.2.2 Estructura vertical por población

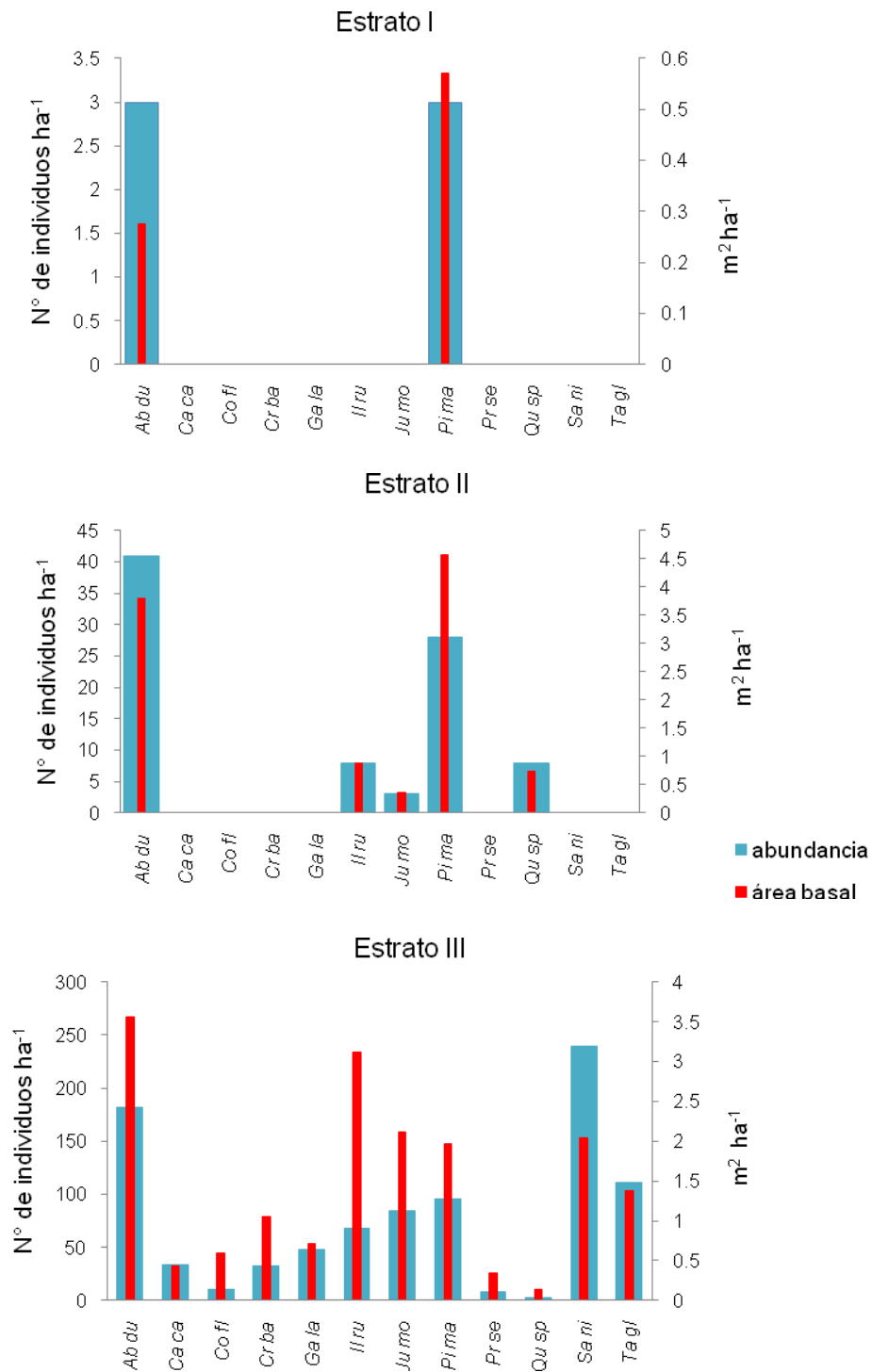
La estratificación de alturas de las poblaciones se realizó considerando a la mayor altura presentada entre todas las poblaciones y a partir de ésta se procedió a estratificar. *Picea martinezii* fue la especie que presentó la mayor altura con 41 m en Agua Fría. A partir de esta identificación se realizaron las tablas de estructura vertical por población.

En El Butano se presentaron especies en los tres estratos, primeramente en el estrato I las especies con igual abundancia (50%) para cada una fueron *Abies*

duranguensis var. *coahuilensis* y *Picea martinezii*, ambas sumaron seis individuos ha⁻¹. El estrato II está integrado por cinco especies de las cuales las dos anteriores vuelven a ser las más abundantes, seguidos por *Ilex rubra* (9%), *Quercus* sp (9%) y *Juglans mollis* (3%). Finalmente el estrato III la integran las 12 especies de la población, donde las más sobresalientes son *Sambucus nigra* (26%), *Abies duranguensis* var. *coahuilensis* (20%), *Taxus glososa* (12%) y *Picea martinezii* (10%). Las demás especies presentaron valores menores al 10% en abundancia. Es interesante notar que *Sambucus nigra* es la especie con mayor abundancia en la población pero sólo está presente en el estrato inferior (Figura 8 y Apéndice 5).

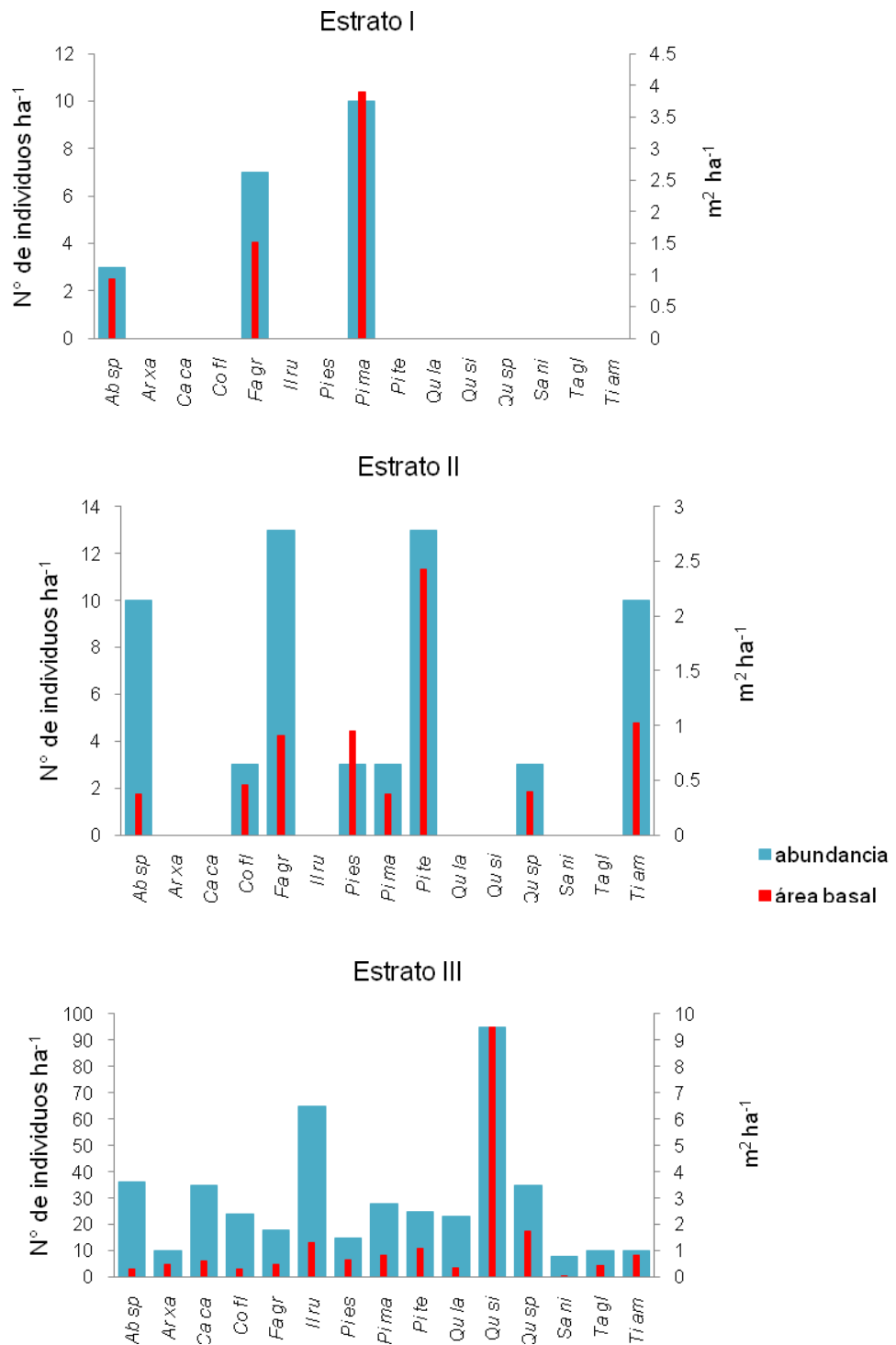
Agua Lardín presentó la abundancia más alta en el estrato I, la cual está integrada por *Picea martinezii* con la mayor abundancia y dominancia en el estrato (50 y 61%, respectivamente), seguido por *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* (35 y 24%), y *Abies* sp (15%). El estrato II muestra a ocho especies, de la cual sobresale *Pinus teocote* con los valores más altos en abundancia (22%) y dominancia (35%), también vuelve a sobresalir *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* (22 y 13%), y otra especie que sobresale en el estrato II es *Tilia americana* (17 y 15%). El tercer estrato está compuesto por las 15 especies de la población, donde presentan los valores más interesantes *Quercus sideroxylla* e *Ilex rubra* con valores mucho más altos en abundancia y dominancia que las demás especies (Figura 9 y Apéndice 6).

Fagus grandifolia ssp. *mexicana* es la especie más representativa del estrato I en Agua Fría con un 43% de la abundancia y 32% de la dominancia en el estrato, *Abies* sp (29 y 24%), además *Picea martinezii* y *Quercus laurina* integraron el estrato más alto. El estrato II o intermedio se integró por 10 especies, donde sobresalen *F. grandifolia* ssp. var. *mexicana* que nuevamente presentó los valores más altos en abundancia y dominancia (24 y 28%), seguido por *P. martinezii* (21 y 20%), *Quercus laurina* (17 y 18%) además de *Ilex rubra* y *Carya ovata*. En esta población se encontraron especies que sólo estuvieron presentes en el estrato II y son *Liquidambar styraciflua*, *Tilia americana*, además de dos de las tres especies no identificadas en la población integraron únicamente este estrato. En el estrato inferior las especies con mayor representatividad son *P. martinezii*, *Abies* sp, *Ilex rubra*, y *Quercus laurina* que en ese



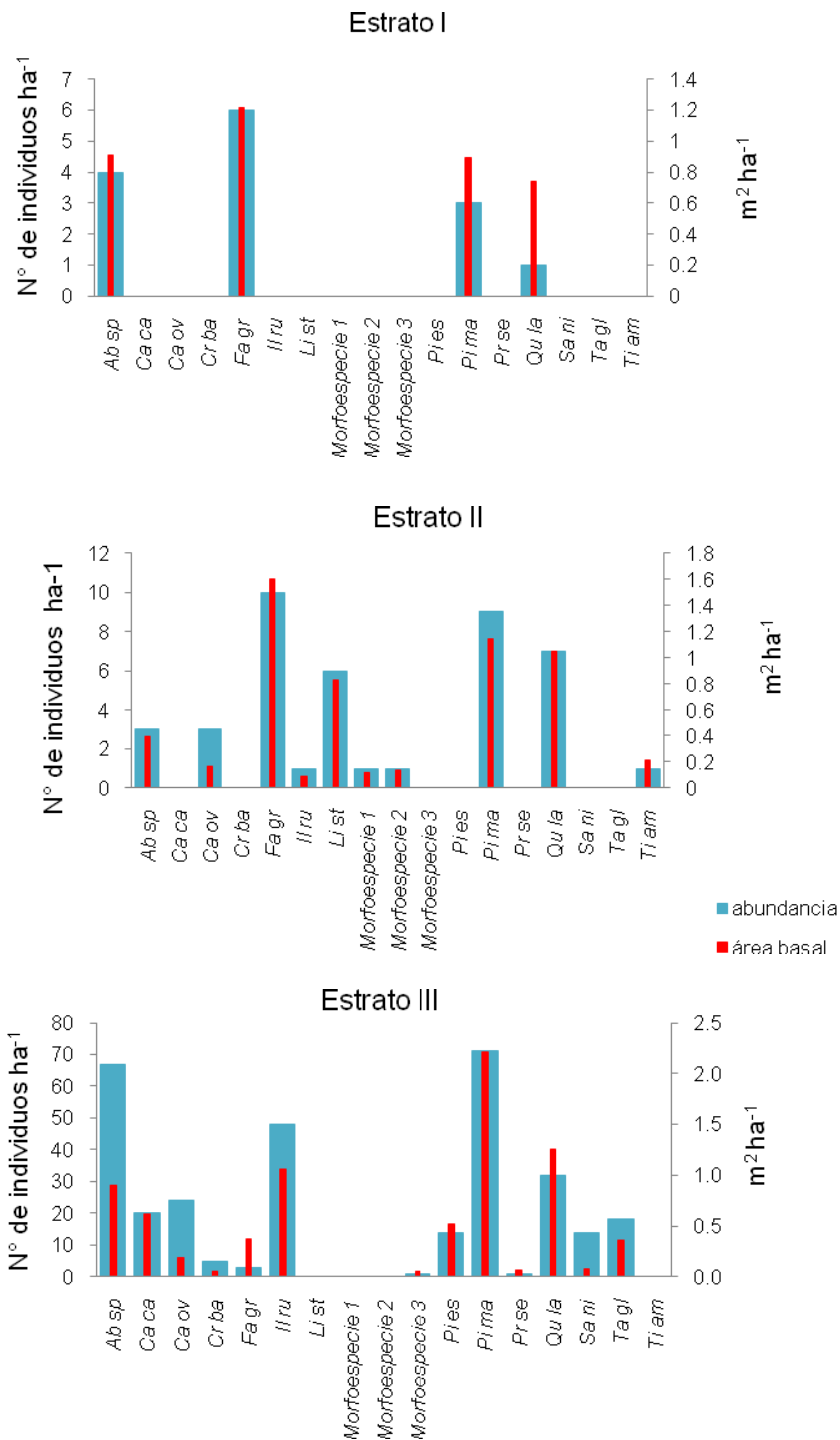
Ab du= *Abies duranguensis* var. *coahuilensis* (Johnston) Martínez; Ca ca= *Carpinus caroliniana* Walter; Co fl= *Cornus florida* L. ssp. *urbiniana* (Rose) Rickett.; Cr ba= *Crataegus baroussana* Ettl.; Ga la= *Garrya laurifolia* Hartw. ssp. *macrophylla* (Benth.) Dalwing; Il ru= *Ilex rubra* S. Watson; Ju mo= *Juglans mollis* Engelm.; Pi ma= *Picea martinezii* T. F. Patterson; Pr se= *Prunus serotina* Ehrh.; Qu sp= *Quercus* sp.; Sa ni= *Sambucus nigra* L.; Ta gl= *Taxus globosa* Schtdl.

Figura 8. Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en El Butano, Montemorelos, Nuevo León.



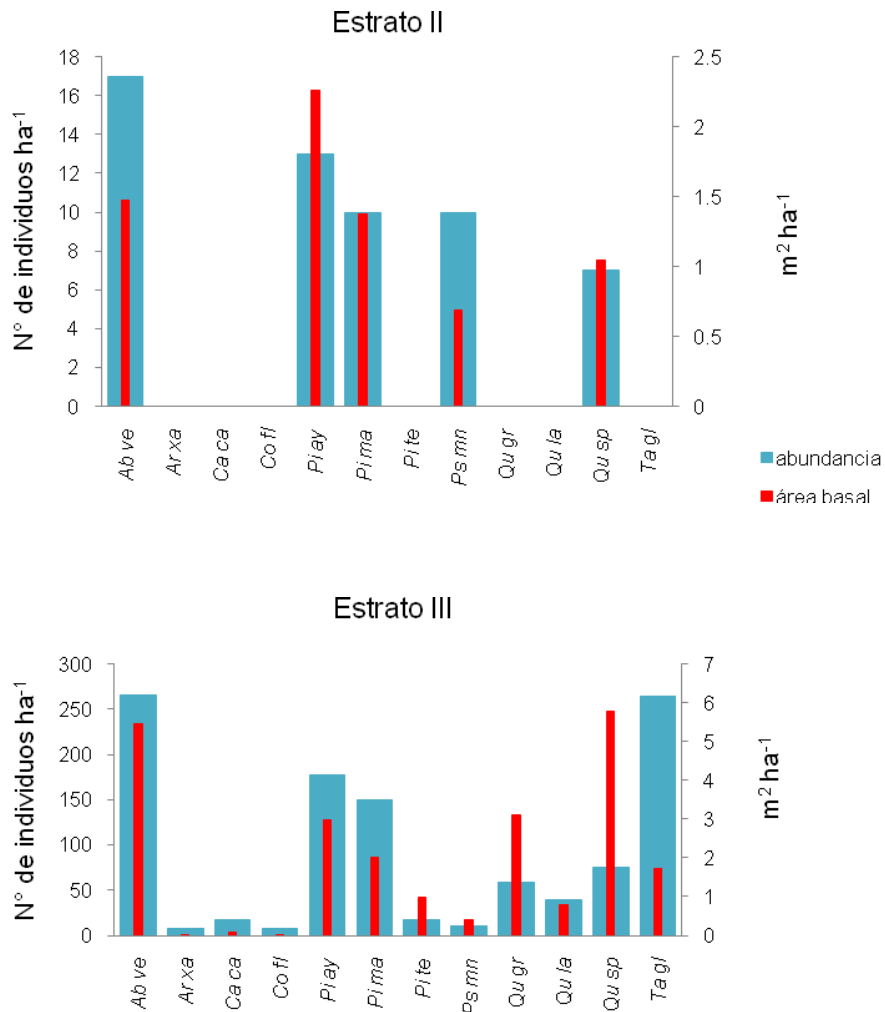
Ab sp= *Abies sp*; Ar xa= *Arbutus xalapensis* Kunth.; Ca ca= *Carpinus caroliniana* Walter; Co fl= *Cornus florida* L. ssp. *urbini* (Rose) Rickett.; Fa gr= *Fagus grandifolia* Ehrh. ssp. *mexicana* Martínez; Il ru= *Ilex rubra* S. Watson; Pi es= *Pinus estevezii* (Mtz) Perry; Pi ma= *Picea martinezii* T. F. Patterson; Pi te= *Pinus teocote* Schldl. et Cham.; Qu la= *Quercus laeta* Liebm.; Qu si= *Quercus sideroxyla* H.B.K.; Qu sp= *Quercus sp*; Sa ni= *Sambucus nigra* L.; Ta gl= *Taxus globosa* Schldl.; Ti am= *Tilia americana* L.

Figura 9. Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en Agua Lardín, Aramberri, Nuevo León.



Ab sp= *Abies sp*; Ca ca= *Carpinus caroliniana* Walter; Ca ov= *Carya ovata* (Mill.) K. Koch.; Cr ba= *Crataegus baroussana* Eggl. ; Fa gr= *Fagus grandifolia* Ehrh. ssp. *mexicana* Martínez; Il ru= *Ilex rubra* S. Watson; Li st= *Liquidambar styraciflua* L.; Morfoespecie 1= Especie no identificada; Morfoespecie 2= Especie no identificada; Morfoespecie 3= Especie no identificada; Pi es= *Pinus estevezii* (Mtz) Perry; Pi ma= *Picea martinezii* T. F. Patterson; Pr se= *Prunus serotina* Ehrh. var. *serotina*; Qu la= *Quercus laurina* Humb. & Bonpl.; Sa ni= *Sambucus nigra* L.; Tagl= *Taxus globosa* Schldl.; Ti am= *Tilia americana* L.

Figura 10. Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en Agua Fría, Aramberri, Nuevo León.



Ab ve= *Abies vejari* Martínez; *Ar xa*= *Arbutus xalapensis* Kunth; *Ca ca*= *Carpinus caroliniana* Walter; *Co fl*= *Cornus florida* L. ssp. *urbiniana* (Rose) Rickett; *Pi ay*= *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw; *Pi ma*= *Picea martinezii* T. F. Patterson; *Pi te*= *Pinus teocote* Schltdl. et Cham.; *Ps me*= *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco; *Qu gr*= *Quercus greggii* (A.DC.) Trel.; *Qu la*= *Quercus laurina* Humb. & Bonpl.; *Qu sp*= *Quercus* sp.; *Ta gl*= *Taxus globosa* Schltdl.

Figura 11. Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en La Encantada, Zaragoza, Nuevo León.

orden tuvieron valores mayores al 10% en abundancia y dominancia (Figura 10 y Apéndice 7).

La Encantada sólo presentó especies en el estrato II y estrato III, no teniendo presentes especies con alturas mayores a 33 m de altura. En el Estrato II se tiene a *Abies vejari*, *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera*, *Picea martinezii*, *Quercus* sp, y *Pseudotsuga menziesii* con valores superiores a 10% pero resaltando las tres primeras. En el estrato inferior estaban presentes las 12 especies de donde sobresalen *Abies vejari*, *Taxus globosa*, *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera*, *Picea martinezii* y *Quercus* sp. Las demás especies presentan valores menores al 10% en abundancia y dominancia (Figura 11 y Apéndice 8).

3.3 Regeneración

Las gráficas de regeneración de las especies presentes en las poblaciones de *Picea martinezii* se realizó tomando en cuenta las categorías de alturas y la regeneración de la misma especie en las demás poblaciones. Es de considerar que los valores son promedios de acuerdo a los sitios muestreados y extrapolados a valores por ha.

De todas las especies identificadas en las cuatro poblaciones de *Picea martinezii*, 15 presentaron regeneración, algunas sólo en una población, otras en todas las poblaciones (Figura 12).

Abies sp, *Picea martinezii*, y *Taxus globosa* presentaron regeneración en todas las poblaciones. *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana*, *Pinus* sp y *Quercus* sp lo hicieron en más de una población, las demás sólo presentaron regeneración en una sola población (Figura 12).

Fagus grandifolia ssp. *mexicana* y *Abies* sp presentaron los valores más altos al sobrepasar los 1000 individuos ha⁻¹ con alturas menores al medio metro. La mayor regeneración de *Picea martinezii* se encontró en El Butano con más de 200 individuos ha⁻¹ con 2 m de altura, y se encontraron individuos con una altura menor a 0.5 m en casi todas las poblaciones sólo a excepción de La Encantada donde se encontraron individuos a partir de 1.5 m de altura integrantes del renuevo (Figura 12).

Taxus globosa presentó regeneración menores a 0.5 m de altura en todas las poblaciones, pero a partir de 0.5 m de altura en adelante sólo presentaron renuevos en las poblaciones de El Butano y La Encantada. *Abies sp* sólo no presento individuos menores a 0.5 m en La Encantada donde empezaron a aparecer a partir de 4 m de altura, los más altos números de individuos en general los presentó en Agua Lardín (Figura 12).

Carya ovata presentó regeneración en Agua Fría con individuos menores a los 0.5 m de altura y con 3 y 4 m de altura, no teniendo individuos en las categorías de alturas intermedias (Figura 12).

Garrya sp, *Pinus ayacahuite* var. *brachypera*, *Pseudotsuga menziesii* y *Sambucus nigra* no presentaron regeneración en la categorías de altura menores a los 1 m, por lo que se observa una ausencia de los individuos más jóvenes de estas especies (Figura 12).

Sambucus nigra a pesar de tener la mayor abundancia en el Butano (Figura 4 y Apéndice 1) sólo presentó regeneración en Agua Fría (Figura 12).

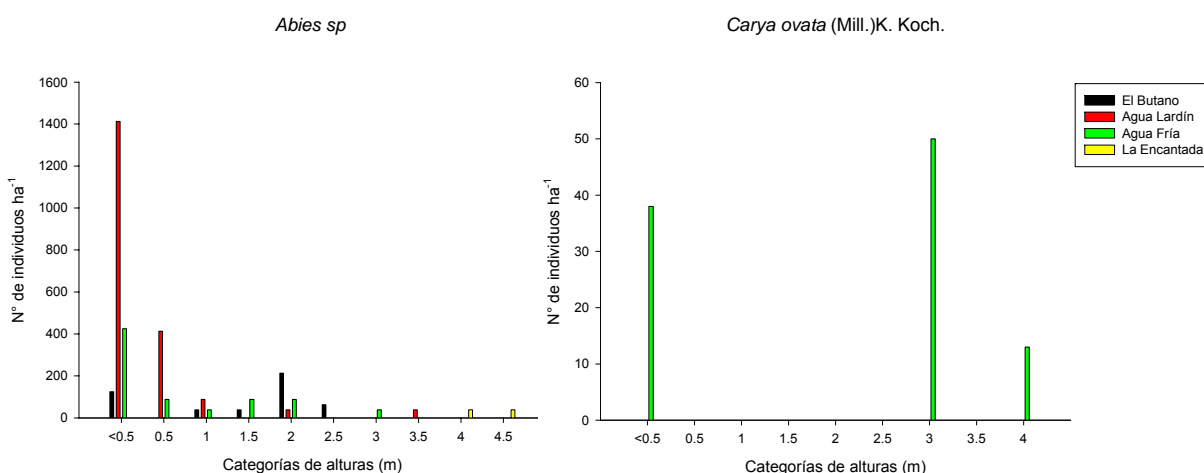


Figura 12. Regeneración de especies en poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en México.

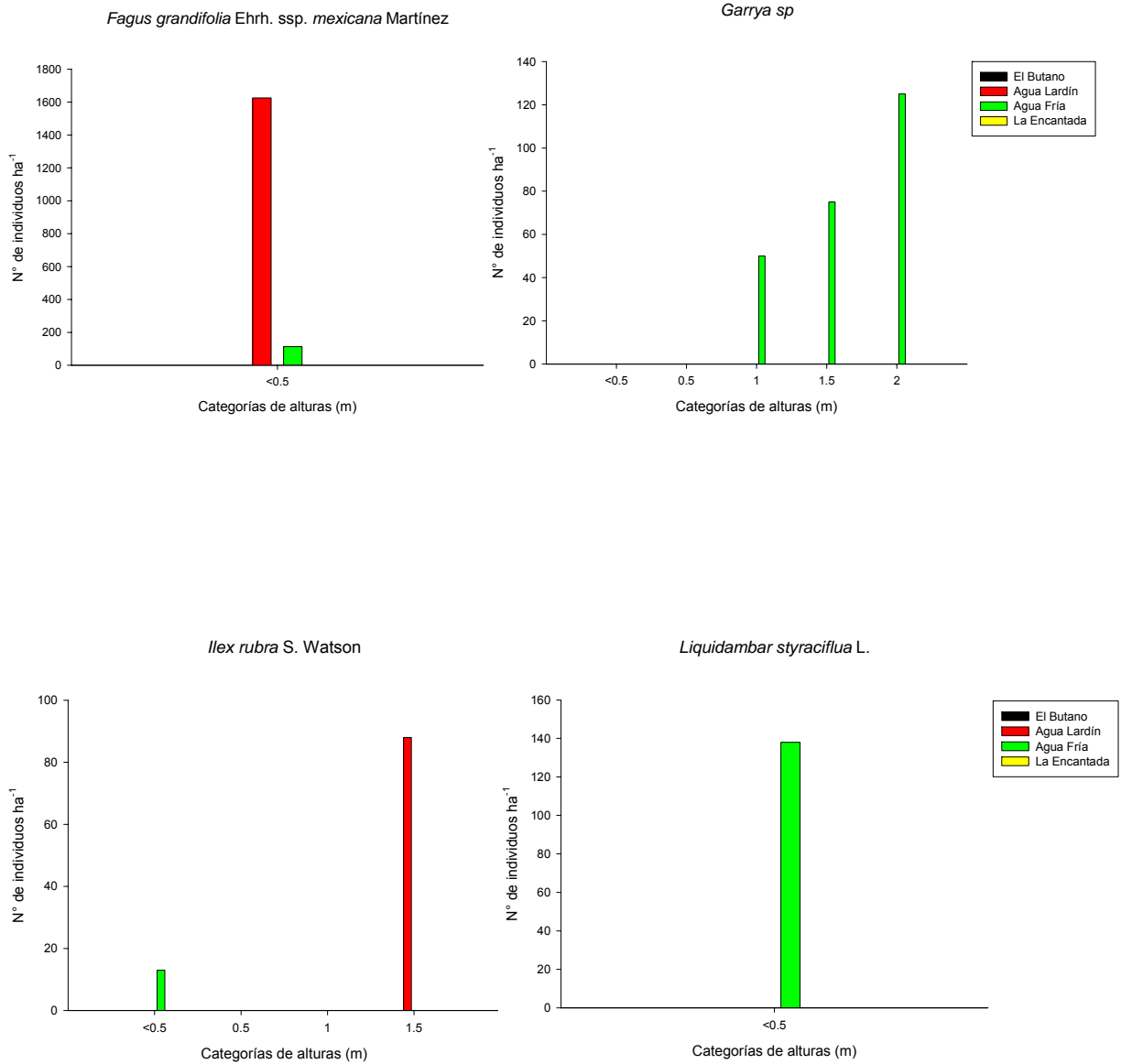


Figura 12. Regeneración de especies en poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en México. Continuación

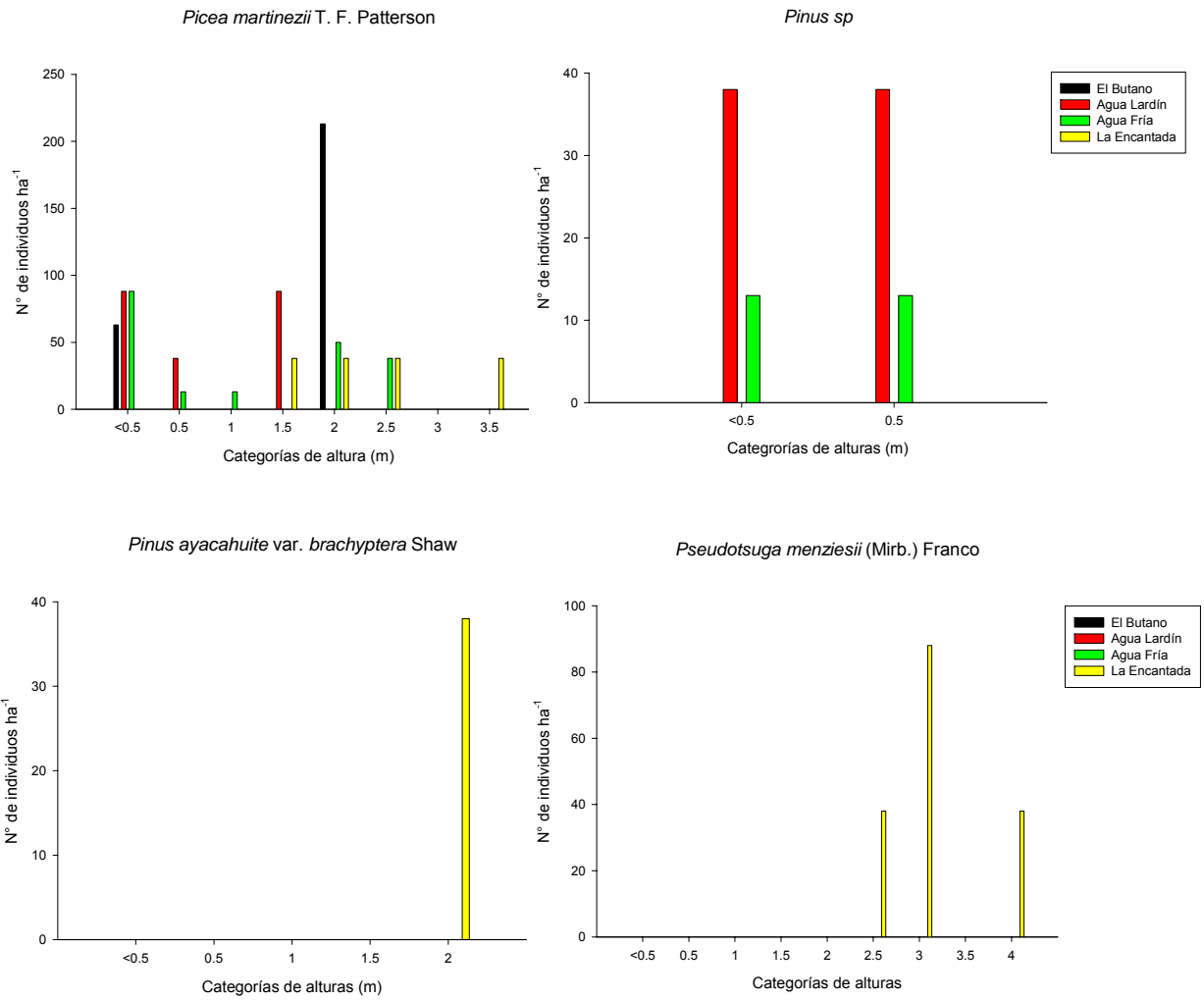
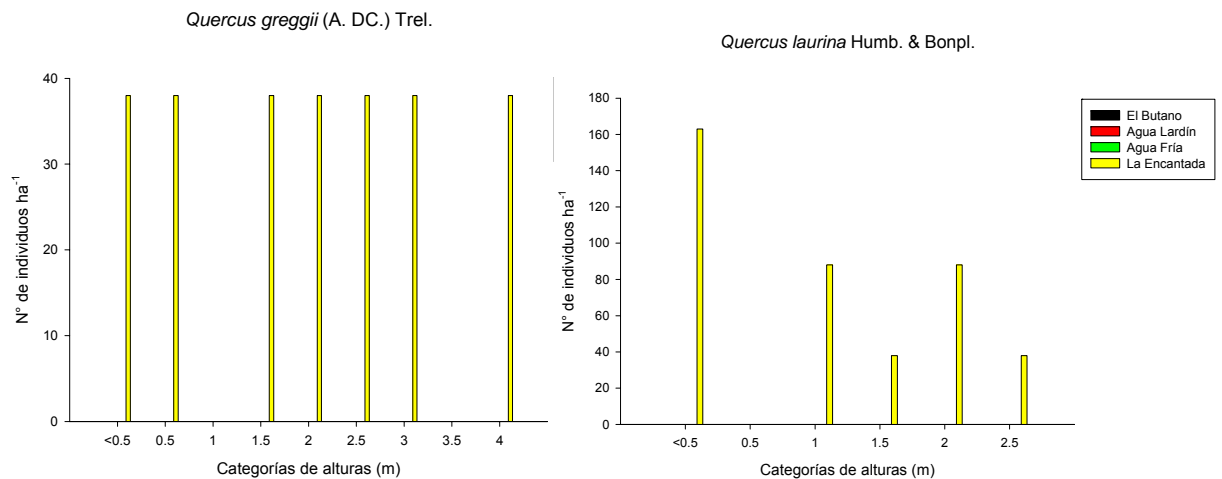


Figura 12. Regeneración de especies en poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en México. Continuación



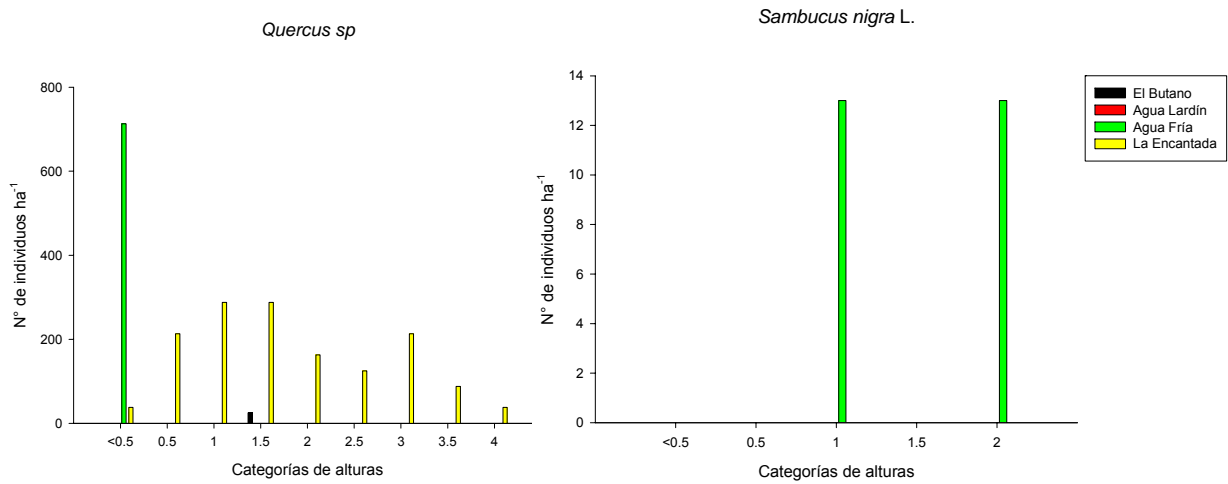


Figura 12. Regeneración de especies en poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en México. Continuación

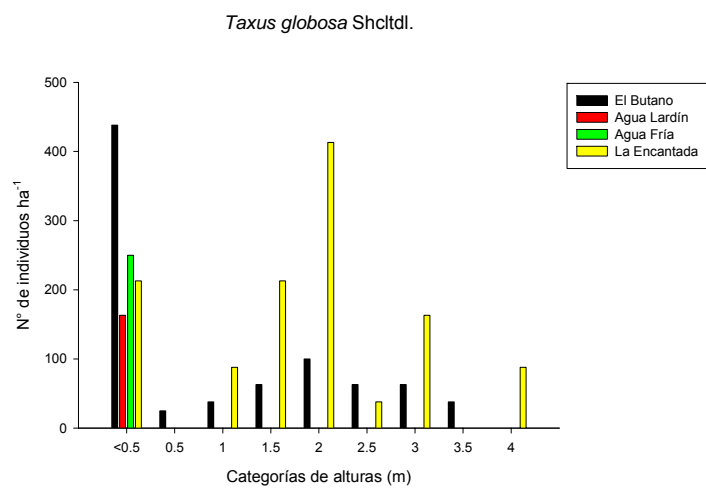


Figura 12. Regeneración de especies en poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en México. Continuación

4 DISCUSIÓN

4.1 Diversidad de especies

4.1.1 Riqueza de especies

El Butano y La Encantada son dos poblaciones de *Picea martinezii* que pertenecen a bosques mesófilos de montaña (BMM). Las otras dos poblaciones nuevas reportadas por en Agua Lardín y Agua Fría, también presentan especies afines a BMM en el Municipio de Aramberri, N.L.

La riqueza de especies encontradas en estas cuatro poblaciones de *Picea martinezii* fue de 30 especies arbóreas y arbustivas; que en relación con otros estudios suele ser menor. La pérdida de riqueza de especies es posible que se deba a la condición relictual de estas poblaciones como lo menciona Valdez *et al.* (2003)

En un estudio desarrollado en el estado de Hidalgo se encontraron en la localidad Eloxochitlán en altitudes superiores a 1700 msnm un total de 21 especies del estrato arbóreo y arbustivo, en la localidad Tlahuelompa perteneciente al área de la Mojonera entre los 1800 y 2000 msnm se encontraron alrededor de 14 especies considerando un estrato arbóreo y arbustivo (Alcántara y Luna, 2001). En ambas localidades existen elementos vegetales similares a las de las localidades de *Picea martinezii* como los géneros *Carpinus*, *Quercus*, *Fagus*, *Liquidambar*, *Pinus* e *Ilex*. Los valores encontrados son parecidos a los hallados en el presente trabajo ya que el número de especies encontradas varió desde 12 a 17 especies por población.

En un BMM de Guerrero se realizó un trabajo sobre la estructura y diversidad de especies leñosas en el municipio de Leonardo Bravo y se reportó un total de 90 especies (árboles, arbustos y lianas), donde se muestrearon 17 parcelas de 2500 m², muestreando en total 4.25 ha (Catalán *et al.*, 2003). Este tamaño de muestra es muy grande comparado al número de sitios muestreados en las poblaciones de *Picea martinezii*, de igual manera se encontraron elementos similares, *Carpinus caroliniana*, *Quercus laurina*, además de los géneros *Abies*, *Cornus*, *Ilex*, *Pinus* y *Tilia*.

Otro estudio en San Juan Parangaricutiro, Michoacán para el BMM presentó un total de 80 especies (árboles y arbustos), dentro de éstas reportaron a *Carpinus*

caroliniana, *Quercus laurina*, y los géneros a *Abies*, *Cornus*, *Pinus* y *Tilia* (Medina *et al.*, 2000).

En el BMM El Cielo, Gómez Farías, Tamaulipas, se registraron 22 y 29 especies en dos parcelas, en total suman 33 especies (Corral *et al.*, 2002). La riqueza total de especies encontrada en este trabajo es muy similar a lo hallado en las poblaciones de *Picea martinezii* (30), pero a excepción de que los valores por parcela en El Cielo son mayores. Dicho estudio se realizó en un solo predio dentro de la reserva de la biósfera y el total de especies de las poblaciones reportadas en el presente trabajo es en cuatro poblaciones diferentes. Entre las similitudes de especies se encontró *Liquidambar styraciflua*, *Carpinus caroliniana* y los géneros *Prunus*, *Carya*, *Quercus* y *Pinus*.

En los terrenos comunales de Santo Tomás Teipan, Municipio de Santa María Ecatepec, de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca, la riqueza de especies fue de 39 especies en un BMM de 326.84 ha (Mejía *et al.*, 2004). Las poblaciones de *Picea martinezii* muestran valores cercanos si consideramos que son 30 especies en total, no así, si comparamos el número de especies por población de 12 a 17, entonces la riqueza de especies es inferior al estudio de Santo Tomás Teipan.

Pero, los BMM de *Picea martinezii* son más ricos en especies respecto a otros tipos de vegetación como los manglares, bosques de vegetación subalpina (Partida, 2007; Veliz, 2009; Vega y Flores, 2008), entre otros y son el tipo de bosques más diversos por unidad de superficie en México (Rzedowski, 1996) y con especies características de los géneros *Cornus*, *Prunus*, *Liquidambar*, *Quercus*, *Fagus*, *Pinus* y *Abies*.

4.1.2 Heterogeneidad

Es importante aclarar que no existe una uniformidad en los índices a utilizar para medir la diversidad e incluso en como calcular el índice de Shannon-Wiener (H'), que para este trabajo se calculó de acuerdo con Krebs (1999) que propone calcular utilizando el logaritmo base dos (\log_2).

Los valores estimados de (H') para las poblaciones de *Picea martinezii* se encuentran entre 2.86 y 3.63 variando por población y el promedio fue de 3.21. Estos valores son relativamente parecidos a los encontrados en otros estudios donde se

utilizó este índice para medir la heterogeneidad en BMM (Catalán *et al.*, 2003; Mejía *et al.*, 2004)

En relación al índice de Simpson, en el presente trabajo se representa por el complemento del índice de Simpson (1-D) que expresa en su valor más alto la población con mejor distribución de abundancias (Krebs, 1999). El valor mínimo encontrado en las poblaciones de *Picea martinezii* fue para La Encantada (0.831) y el mayor se registró para Agua Lardín (0.967) y un promedio de 0.882 (Cuadro 2).

Por ejemplo en un estudio realizado en el BMM en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca, encontraron como resultado índices de Shannon-Wiener que fueron de $H' = 3.11$ a 4.02 y el promedio de $H' = 3.62$, que varió de acuerdo a los diferentes diámetros tomados en cuenta para el cálculo del índice (Mejía *et al.*, 2004). El diámetro mínimo de muestreo utilizado para obtener los diferentes índices en las poblaciones de *Picea martinezii* fue de ≥ 5.0 cm y el valor promedio obtenido para el índice de Shannon-Wiener fue de $H' = 3.21$ y en el trabajo realizado en la Sierra Madre del Sur fue de 3.62 , este valor es más alto al obtenido incluso en Agua Lardín (3.63), pero no está muy lejano de él.

En otro estudio se evaluó la estructura y composición del BMM de la Sierra de Manantlán, entre Jalisco y Colima, en donde se estimó un índice H' promedio de 3.2 , el valor menor para una de las parcelas de muestro fue de 2.34 y el mayor para otra fue de 4.15 (Santiago y Jardel, 1993). El valor promedio es igual al obtenido en el presente trabajo (3.21), pero el valor más alto obtenido (3.63) es menor al obtenido en la Sierra de Manantlán. Es importante aclarar que a pesar que tengan el mismo valor promedio H' no quiere decir que sean igual de diversos ya que en el trabajo hecho en Jalisco y Colima registraron mayor número de especies (73) que en este estudio, por lo tanto es más diverso el BMM de la Costa del Pacífico que los bosques de *Picea martinezii*.

En la misma Sierra de Manantlán, pero en las localidades de El Durazno y La Pareja en un BMM se estimó el inverso de Simpson a partir del cual se transformó al complemento de Simpson para fines de comparación, el complemento de índice promedio para El Durazno fue de 0.883 y 0.891 para La Pareja y un promedio general fue de 0.804 (Sánchez *et al.*, 2003). El complemento de Simpson estimado en Agua Lardín (0.967) es mayor al mayor registrado en El Durazno (0.883), por lo que la

distribución de abundancias en Agua Lardín es mejor que al de El Durazno. En cuanto al valor promedio registrado en los BMM de El Durazno y La Pareja (0.804) fue menor a los estimados en las poblaciones de *Picea martinezii* (0.882).

En el estado de Guerrero, se estudió la diversidad de especies leñosas (árboles, arbustos y lianas) en un BMM, donde estimaron H' cuyo valor fue de 3.35 (Catalán *et al.*, 2003). En comparación con este estudio las poblaciones de *Picea martinezii* presentan un valor promedio menor al obtenido en el bosque mesófilo de Guerrero a excepción de la población de Agua Lardín donde H' fue mayor que los de Guerrero.

4.1.3 Equitatividad

La equitatividad mide que población está más cercana respecto a una donde todas las especies son dominantes y comunes. El valor máximo es de uno (Krebs, 1999).

Los índices utilizados en este trabajo para medir este aspecto de la diversidad, índice de equitatividad de Simpson y el índice de equitatividad de Shannon son los recomendados por Krebs (1999) y Magurran (2006). Son pocos los trabajos que coinciden con estos criterios, pero se consultaron algunos para BMM.

En el BMM de Guerrero, se encontró un valor J' de 0.740 (Catalán *et al.*, 2003). El valor promedio $J' = 0.847$, es mayor al encontrado en el estudio realizado en Guerrero, esto señala que en las poblaciones de *Picea martinezii* las especies presentan una distribución más cercana a uno, es decir que los bosques de *P. martinezii* están más cercanas a su diversidad máxima que los bosques de Guerrero.

En la Sierra Madre del Sur, Oaxaca mostró un valor $J' = 0.735$ promedio para la población (Mejía *et al.*, 2004) y el valor obtenido en poblaciones de *Picea martinezii* fue mayor $J' = 0.847$, de acuerdo con esto los últimos presentan mejor distribución de abundancia entre las especies presentes a pesar de que en el primero el número de especies totales fue de 39.

Otro estudio donde se utiliza el índice de equitatividad de Shannon es en el bosque de encino de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, donde el valor promedio obtenido fue de 0.912 (Encina *et al.*, 2007). En las poblaciones de *Picea martinezii* el

valor fue menor (0.847) respecto del obtenido en los bosques de encino, pero este último fue hecho en un área más extensa.

4.2 Estructura de poblaciones

Las poblaciones de *Picea martinezii* de El Butano y La Encantada fueron descritas por Capó *et al.* (1997) en un estudio autoecológico del género *Picea* en Nuevo León, pero en el mismo trabajo no se estimó su diversidad. Posteriormente estas poblaciones fueron consideradas como BMM por tener afinidades ecológicas a este tipo de vegetación (Valdez *et al.*, 2003).

En ese sentido las dos poblaciones descritas en este trabajo Agua Lardín y Agua Fría se consideran de igual manera como este tipo de vegetación considerando que entre las especies encontradas algunas de ellas son consideradas propias de este tipo de vegetación como *Liquidambar styraciflua* L., o de distribución particular en este tipo de vegetación como los géneros *Carpinus*, *Cornus*, *Tilia*, entre otros, se encuentran algunas afinidades con este tipo de bosque (Figuras 5, 6 y Apéndices 2, 3).

Es importante mencionar que *Picea martinezii* es una novedad en este tipo de vegetación ya que dentro de las especies mencionadas para los bosques mesófilos de montaña por Rzedowski (1996, 2006) no aparece este género, por lo que sería un nuevo registro de gimnosperma para los BMM de México. Esto coincide con lo que mencionan algunos autores que mencionan que en los BMM es donde mejor conviven elementos meridionales y boreales (Martin y Harrell, 1957; Rzedowski, 1978, 1996).

En el presente trabajo se encuentra dos nuevos registros de *Fagus grandifolia* ssp *mexicana*, Agua Lardín y Agua Fría. Antes de esto, la especie sólo se reportaba para 10 poblaciones en México (Williams *et al.*, 2003) además constituye un nuevo registro de especie para Nuevo León (Hinton y Hinton, 1995).

4.2.1 Estructura horizontal

4.2.1.1 Abundancia

La abundancia en los BMM de *Picea martinezii* varió de 395 a 1145 individuos ha^{-1} (Figuras 4, 5, 6, 7 y Apéndices 1, 2, 3, 4). La abundancia en diferentes BMM presenta mucha variación, por ejemplo Mejía *et al.* (2004) en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca, reportaron una densidad de 626 individuos ha^{-1} distribuidas entre 33 especies con diámetros ≥ 5.0 centímetros. Este valor es mayor a los registrados en Agua Lardín (520) y Agua Fría (395), pero es superado por las poblaciones de La Encantada (1145) y El Butano (910).

En Carrizal de Bravo, Guerrero, en el mismo tipo de vegetación se obtuvo una densidad de 1298 individuos ha^{-1} , considerando como (DAP) ≥ 1.0 cm (Catalán *et al.*, 2003), dichos autores consideran esta abundancia media a baja en comparación con otros bosques mesófilos. Al comparar los valores de las poblaciones de *Picea martinezii*, éstas en su mayoría son más bajas que las de Guerrero, sólo La Encantada y El Butano son los valores más cercanos.

En el estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña de El Cielo, Tamaulipas, Corral *et al.* (2005) reportan una densidad aproximada de 1000 individuos ha^{-1} , no especificando exactamente el número. Este bosque mesófilo es el más cercano a los medidos en el presente trabajo por su valor que es relativamente cercano a los citados en el presente estudio.

Los valores de abundancia de las poblaciones de *Picea martinezii* son medios a bajos si los comparamos con otros estudios en diferentes BMM, como la densidad obtenida en la región de Puerto Soledad, Oaxaca, donde se registró una densidad de 2730 individuos ha^{-1} con un diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 3.18 cm (Ruíz *et al.*, 2000). Por otra parte, en Veracruz se encontró una densidad de 1340 individuos ha^{-1} tomando como base un DAP ≥ 5 cm (Williams *et al.*, 1996).

Valores más cercanos se obtuvieron en la Sierra de Manantlán, Jalisco con 1002 y 1084 individuos ha^{-1} en La Pareja y El Durazno respectivamente (Sánchez *et al.*, 2003) o los encontrados en Chiapas, en un BMM de El Triunfo donde la densidad encontrada fue de 858 a 1062 individuos ha^{-1} y en la Sierra Madre del Sur en Teipan,

municipio de Ecatepec donde la densidad fue de 1035 individuos ha^{-1} con base en DAP ≥ 2.5 cm (Mejía *et al.*, 2004).

4.2.1.2 Dominancia

La dominancia en área basal y cobertura presentó valores distintos por población. El área basal fue de 17.4298 a 33.8754 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ y la cobertura de copa de 9015 a 18100 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, pero el mayor valor de cobertura no fue en la misma población donde se tuvo el mayor área basal Agua Lardín (33.8754), al contrario allí se presentó el menor valor de cobertura de copa (9015 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), entendiendo así que el área basal es más representativo de la dominancia que la cobertura.

En dos parcelas de BMM El Cielo, Tamaulipas se obtuvo un área basal de 28.11 y 40.52 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ respectivamente (Corral *et al.*, 2002); en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca el área basal fue 42.62 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ (Mejía *et al.*, 2004); en el BMM de la Sierra de Manantlán, Jalisco, fue de 38.7 y 31.9 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ para dos localidades (Sánchez *et al.*, 2003); en Veracruz, el área basal fue 43.60 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ en un BMM (Williams *et al.*, 1996); en Carrizal de Bravo, Guerrero se encontró un área basal elevado de 54.72 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ (Catalán *et al.*, 2003). Los valores obtenidos en los BMM de *Picea martinezii* son en su mayoría menores pero también similares a algunos de los encontrados en otros BMM de México.

En cuanto a cobertura es importante mencionar que no es común la medición de este parámetro en los BMM pero se encontraron algunos trabajos para compararlos con ellos. En la Sierra Madre del Sur Mejía *et al.*, (2004) hallaron una cobertura de copa de 44,247.33 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$. Los valores de las poblaciones de El Butano, Agua Lardín, Agua Fría y La Encantada son mucho más bajos que los encontrados en el anterior trabajo.

En otros tipos de vegetación como el de la selva baja caducifolia de Ninzanda, Oaxaca la cobertura de copa media encontrada fue de 36,070.7 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ (Gallardo *et al.*, 2005). Este valor es considerando a todas las especies encontradas dentro de los sitios con DAP ≥ 1 cm lo que explica el valor elevado.

4.2.1.3 Diámetro y altura promedio

Es un hecho que en casi todos los trabajos de diversidad se miden el diámetro y la altura, pero en su mayoría son sólo una guía para muestreo, y por lo tanto no son comúnmente reportados.

Entre los trabajos donde se reportan los diámetros en bosques mesófilos de montaña, se encontró que en un estudio sobre el carbono almacenado en el bosque de El Cielo los diámetros más altos encontrados fueron mayores a 40 cm y las especies que presentaron estas fueron *Liquidambar styraciflua*, *Quercus xalapensis* y *Pinus montezumae* (Rodríguez *et al.*, 2006). Estos valores son similares a los diámetros mayores registrados en Agua Fría donde también *Liquidambar styraciflua* sobresale por su diámetro.

En el mismo bosque mesófilo de montaña se realizó un análisis estructural, en el cual se analizó los diámetros de las especies en dos parcelas donde el diámetro promedio fue de 15 cm y 15.2 cm, la altura promedio fue de 12.1 m y 12 m, respectivamente (Corral *et al.*, 2002). Estos valores de diámetro son similares al diámetro promedio de La Encantada (15.84 cm) (Apéndice 4), pero son menores a los demás promedios de las otras tres poblaciones donde Agua Fría, Agua Lardín y El Butano presentaron diámetros promedios mayores a 20 cm. En cuanto a la altura los promedios obtenidos tienen valores menores a los de las poblaciones de *Picea martinezii*.

En un bosque mesófilo de montaña en Lolotla, Hidalgo, los diámetros más comunes fueron de 30 y 45 cm, resaltando entre otros *Carpinus caroliniana* (Ponce *et al.*, 2006). *Carpinus caroliniana* en las poblaciones de *Picea martinezii* presento diámetros menores a los de Lolotla, Hidalgo, los mayores diámetros lo presentaron *Liquidambar styraciflua*, *Fagus grandifolia ssp. mexicana* y *Tilia americana* (Apéndice 3).

La altura promedio encontrada en la Sierra de Manantlán Jalisco en el mismo tipo de vegetación fue de 23 m a 33 m de altura y en promedio para toda la población fue de 27.5 m (Santiago y Jardel, 1993). Estos valores son similares a los registrados en los bosques mesófilos de montaña de *Picea martinezii*.

4.2.1.4 Índice de esbeltez

El índice de esbeltez menor encontrado entre las poblaciones de *Picea martinezii* fue para *Tilia americana* con 21% y el mayor *Arbutus xalapensis* con 102%, (Apéndices 3 y 4), pero en su mayoría las especies muestran un índice de esbeltez mayor de 50%.

En El Cielo, Tamaulipas se encontraron índices de esbeltez para algunas especies reportadas en las poblaciones de *Picea martinezii*, *Liquidambar styraciflua* 103%, *Carpinus caroliniana* 103%, *Prunus serotina* 117% y *Carya ovata* 124% (Corral *et al.*, 2005). Las mencionadas especies presentaron los siguientes valores en promedio *L. styraciflua* 64%, *C. caroliniana* 77.5%, *P. serotina* 68% y *C. ovata* 69% en las poblaciones de *P. martinezii*, estos valores son menores a los encontrados en El Cielo lo que de acuerdo a Aguirre *et al.* (2003) esto podría deberse a un mayor desarrollo diamétrico en las poblaciones de El Cielo.

En un estudio estructural de los ecosistemas presentes en el cerro El Potosí, Nuevo León, se encontraron índices de esbeltez con valores promedio por rodal que fueron desde 14% hasta 106% y en promedio 52% para los ocho rodales de diferentes especies (Aguirre *et al.*, 2003). De acuerdo con lo mencionado con dicho autor el índice de esbeltez bajo podría deberse a una característica inherente a la especie ya que los rodales de *Pinus culminicola* Lindl. presentaron el menor valor y en los bosques de *Picea martinezii* el menor valor fue presentado por *Arbutus xalapensis*. En cambio los valores altos pueden deberse a que son rodales más jóvenes y los valores medios de 50% podrían deberse a una mayor productividad de los sitios con esos valores, por lo que se puede decir que los valores encontrados en las poblaciones de *P. martinezii* podrían deberse a la productividad de los mismos o a que son rodales maduros.

4.2.1.5 Índice de valor de importancia (IVI)

En las cuatro poblaciones de *Picea martinezii* las especies más importantes fueron *Abies duranguensis* var. *coahuilensis*, *Abies vejari*, *Abies sp*, *Ilex rubra*, *Picea martinezii*, *Pinus ayacahuite*, *Quercus sideroxylla*, y *Taxus globosa*. *Picea martinezii* presentó valores altos en la mayoría de las poblaciones.

En las fórmulas para determinar el valor de importancia relativa existen diferencias con otros trabajos, además el diámetro base utilizado no es estandarizado, por lo que podrían diferir de los obtenidos en el presente trabajo.

En los bosques mesófilos de montaña de Hidalgo, en Tlahuelompa y Eloxochitlán mencionan como los géneros cuantitativamente más importantes a *Carpinus*, *Carya*, *Cornus*, *Juglans*, *Liquidambar*, *Prunus* y *Quercus* (Alcántara y Luna, 2001). Estos géneros aunque fueron reportadas para las poblaciones de *Picea martinezii* no fueron las que tuvieron los valores ecológicos más importantes.

En Carrizal de Bravo, Guerrero se reportaron como las especies más importantes en orden a *Ciranthodendron pentadactylon* Larreat., *Roldana shaffneri* (Shc. Bip. ex Klatt) H. Rob. et Brettell, *Critonia paneroi* B. L. Turner, *Solanum aligerum* Schltld., *Abies guatemaltensis* Redher, *Quercus rubramenta* Trel., *Oreopanax xalapensis* Decne. et Planch., *Ocotea chiapensis* (Lundell) Standl. et Steyer., *Croton draco* Schltld., *Persea americana* Mill., *Meliosma dentata* Urb. y *Cleyera integrifolia* Choysi (Catalán et al., 2003). En comparación con las especies ecológicamente importantes de los bosques mesófilos de montaña de *Picea martinezii*, no se encuentran igualdades a nivel de especie, tal vez algunos géneros, pero en realidad difieren mucho de lo encontrado en el presente trabajo.

También se encontraron diferencias en relación a las especies más importantes de este tipo de vegetación con las reportadas en la Sierra Madre del Sur, Oaxaca dónde las especies más importantes son *Cornus disciflora* DC., *Quercus ocoteifolia* Liebm. y *Psychotria galeottina* M. Martens (Mejía et al., 2004).

En la Sierra de Manantlán, Jalisco en las localidades El Durazno y La Pareja se registraron con valores de importancia más altos a *Styrax radians* P.W.Fritsch. y *Guarea glabra* Vahl. respectivamente (Sánchez et al., 2003).

Se puede apreciar que en los bosques mesófilos de montaña presentan una gran heterogeneidad de las especies que dominan este tipo de vegetación, y esto es lo que lo hace tan diverso de un lugar a otro lo que coincide con lo mencionado por Acosta, (2004) y Rzedowski, (1996).

4.2.2 Estructura vertical

En la Sierra de Manantlán, se encontraron cinco estratos incluyendo los arbustos, los tres primeros estratos sirven de comparación con el presente trabajo, el estrato alto arbóreo de 24 a 35 m de altura presentó pocos individuos y pocas especies, entre ellas *Ficus insípida* Willd., *Magnolia iltisiana* Vazquez por citar algunas; el estrato medio de 16 a 24 m, mostró mayor número de individuos y de especies en el cual sobresalen *Alchornea datifolia* Sw., *Styrax radians* P.W.Fritsch. entre otros y el estrato bajo de 8 a 16 m presentó el mayor número de individuos y especies donde resaltan *Cordia prunifolia* I.M.Johnst. y *Guarea glabra* Vahl.

Los estratos alto, medio y bajo encontrados en las poblaciones de *Picea martinezii* son mayores en altura a los de la Sierra de Manantlán, Jalisco, y las especies dominantes en los estratos son diferentes, sin embargo existe una semejanza en el patrón de disminución de individuos al bajar de los estratos altos a los bajos.

En el BMM de Lolotla, Hidalgo, presentó tres estratos, el alto con alturas de 20 a 30 m, donde destacan *Dalbergia palo-escrito* Rzed. et Guridi-Gómez, *Quercus germana* Schltld., *Pinus pseudostrobus* Lindl., *Liquidambar macrophylla* Oerst., el estrato medio de 10 a 20 m, compuesto por *Carpinus caroliniana*, *Quercus affinis* Scheid., *Carya ovata* (Mill.) K.Koch var. *mexicana* (Engelm.) W.E. Manning, y el estrato bajo < 10 m integrado por *Cornus disciflora* DC., *Ilex toluicana* Hemsl., *Prunus serotina* Ehrb. ssp. *capuli* (Cav.) McVaugh, entre otros.

En este caso se encontró una similitud de géneros y especies como es el caso de *Carpinus caroliniana*, con el bosque de Lolotla, Hidalgo es interesante como los estratos encontrados son menores a los reportados para los BMM de *Picea martinezii*, la similitud de géneros y especies integrantes de los estratos puede deberse a la proximidad entre las poblaciones; a diferencia de los bosques de Sierra de Manantlán con los que no se presentó similitudes en las especies dominantes en altura.

En el BMM ubicado dentro de la reserva de la biosfera El Cielo de Ciudad Mante, Tamaulipas, se encontraron tres estratos de altura la primera de 20 a 28 m de altura, la segunda de 3 a 6 m y la última de 0.5 a 0.8 m de altura. Las especies que integran el estrato más alto fueron *Liquidambar styraciflua*, *Quercus rysophilla*, *Magnolia*

grandiflora y *Pinus sp* por citar algunas, el estrato medio estuvo compuesto por *Juglans mollis*, *Arbutus xalapensis*, *Quercus sp*, entre otras y las especies componentes del estrato bajo son *Panicum sp*, *Rosa woodsii*, *Lobelia berlandieri*, además de otras (Valdez *et al.*, 2003).

Las poblaciones de *Picea martinezii* presentan mayor altura en sus estratos respecto a los obtenidos en Ciudad Mante, y entre ambas existen similitudes por *Liquidambar styraciflua* y *Pinus sp*, este último presentó de igual manera dominancia en el estrato más alto de La Encantada que fue de 21.1 a 33.0 m, además las demás especies *Juglans mollis*, *Arbutus xalapensis* y *Quercus sp* presentaron alturas similares a los de Ciudad Mante, Tamaulipas, esta semejanza podría deberse a las cercanías y relación de los BMM del norte con los bosques de pino-encino y de los bosques de *Quercus* de las latitudes más altas del norte (Valdez *et al.*, 2003).

4.3 Regeneración

Es preocupante la escasa información existente acerca de la regeneración en los BMM y de la totalidad de trabajos encontrados sobre este tipo de vegetación la minoría reporta de forma escueta datos sobre la regeneración.

Las poblaciones de *Picea martinezii* presentaron una regeneración relativa que fue de 1500 a 4500 individuos ha^{-1} por población, estos valores extremadamente bajos en comparación a lo mencionado por Williams (2007) que menciona que en los BMM se encuentran hasta 50,000 individuos ha^{-1} aunque menciona que este valor es relativo. La baja cantidad de regeneración podría deberse a que las poblaciones de *P. martinezii* están mejor conservadas y presentan diámetros y alturas superiores a otros BMM estudiados, además que los disturbios de tipo antropogénico son escasos ya que el problema principal para estas poblaciones son los incendios forestales (López, 2007).

Un estudio sobre las poblaciones relictuales de *Fagus grandifolia ssp mexicana* en México encontró que para cinco de esas, la regeneración en las mismas no superaba los 750 individuos ha^{-1} y el máximo valor en una de las poblaciones fue de menos de 500 individuos ha^{-1} (Williams *et al.*, 2003). Es interesante notar que *Fagus grandifolia ssp. mexicana* presenta mejor regeneración en los BMM de *Picea martinezii* con aproximadamente 1500 individuos ha^{-1} , que en otros BMM de México, este dato es

importante porque *Fagus grandifolia* ssp *mexicana* es una de las especies propias de los BMM (Rzedowski, 1996) y muestra como estas poblaciones hasta ahora no descritas presentan valores altos en la regeneración de esta especie.

No se encontraron datos de regeneración en los demás BMM comparados en este trabajo por lo que es recomendable estudiar y reportar los datos de regeneración en los BMM dado que son bosques relictuales y conocer su dinámica de reemplazo de las especies es importante.

5 CONCLUSIONES

Las especies asociadas a *Picea martinezii* en las cuatro poblaciones presentan afinidad a las condiciones ecológicas de los bosques mesófilos de montaña, considerándose relictuales en el estado de Nuevo León.

Los bosques mesófilos de montaña en los que se encuentra *Picea martinezii* son los menos diversos de México.

Los bosques mesófilos de *Picea martinezii* son únicos en su tipo debido a su estructura dasométrica e índice de valor de importancia.

6 RECOMENDACIONES

Aumentar en lo posible el tamaño de muestra en las poblaciones y complementar la información ecológica con la caracterización de suelos, elaboración de lista florística, determinar la dinámica de la distribución, describir la geología, su topografía, y determinación de superficies de las poblaciones enfatizando en la evaluación de la regeneración.

7 LITERATURA CITADA

- Acosta, S. 2004. Afinidad de la flora genérica de algunos bosques mesófilos de montaña del nordeste, centro y sur de México: un enfoque fenético. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México, Serie Botánica* 75(1): 61 – 72.
- Aguirre C., O. A., J. J. Jiménez P., H. Kramer y A. Akça. 2003. Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. *Ciencia UANL* 2(6): 219 – 225.
- Alanís R., E. 2006. Diversidad de especies arbóreas y arbustivas en áreas con distinto historial antropogénico en el matorral espinoso tamaulipeco. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. 110 p.
- Alcántara, O. y I. Luna. 2001. Análisis Florísticos de dos áreas con bosques mesófilos de montaña en el Estado de Hidalgo. *Acta Bot. Mex.* 54: 51 – 87.
- Bauche P., P. R. Villavicencio G., A. Gallegos R. y M. Huerta M. 2002. Índices de diversidad aplicados a comunidades arbóreas en la zona de protección de flora y fauna “Sierra de Quila”, estado de Jalisco. CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. 9 p.
- Brzustowski J. 1997. Krebs/win Ecological methodology for windows version 0.9. Microsoft corporation and the Regents of University of California. Por Charles Krebs Ecological methodology. [En línea]. 20 de abril de 2009. Paquete gratuito disponible en: <http://www2en.biology.ualberta.ca/brzusto/ftp/Krebs/index.html>
- Capó A., M. A., S. Valencia M., C. Flores L. y S. Braham S. 1997. Informe Final de Actividades del Proyecto: Autoecología del género *Picea* en Nuevo León. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 138 p.
- Catalán H., C., L. López M. y T. Terrazas. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas en un bosque mesófilo de montaña de Guerrero, México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México, Serie Botánica* 74(2): 209 – 230.
- CETENAL. 1977a. Carta geológica. G14C87. Aramberri. Escala 1:50,000.
- CETENAL. 1977b. Carta edafológica. G14C46. Rayones. Escala 1:50,000.
- Colwell, R. K., Ch. X. Mao. y J. Chang. 2005. Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basadas en su incidencia. *In: Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma.* Halffter, G., J. Soberon, P. Koleff y A. Melic (eds.).m3m-Monografía 3er milenio, Zaragoza. pp. 73.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1998. Cuencas hidrológicas. Escala 1:250000. México. [En línea]. 14 de mayo de 2009. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/cgi-bin/geo_metadatos-esp.cgi?id=101
- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 339 p.

- CONABIO. 2000. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. [En línea]. 15 de junio de 2009. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/estrategia_nacional/doctos/pdf/ENB.pdf
- CONABIO. 2004. Mapa base del estado de Nuevo León. Escala 1: 2,000,000. México. [Archivo en línea en formato Vectoriales (Arcview)]. [En línea]. 02 de febrero de 2009. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/cgi-bin/geo_meta_datosftp_esp.cgi?ld=446&formato=d
- Corral R., J., O. A. Aguirre C., J. Jiménez P. y J. de J. Návar Ch. 2002. Muestreo de diversidad y observaciones ecológicas del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña "El Cielo", Tamaulipas, México. *Revista Chapingo, Serie ciencias forestales y del ambiente* 2: 125 – 131.
- Corral R., J., O. A. Aguirre C., J. Jiménez P. y S. Corral R. 2005. Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña El Cielo, Tamaulipas, México. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14 (2): 217 – 228.
- Del Río, M., F. Montes, I. Cañellas y G. Montero. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigaciones Agrarias: Sistemas y Recursos Forestales* 12(1): 159 – 176.
- DETENAL. 1977a. Carta edafológica. G14C87. Aramberri. Escala 1:50,000.
- DETENAL. 1977b. Carta geológica. F14A17. Zaragoza. Escala 1:50,000.
- DETENAL. 1978. Carta edafológica. F14A17. Zaragoza. Escala 1:50,000.
- DETENAL. 1979. Carta geológica. G14C46. Rayones. Escala 1:50,000.
- Durán G., R. 1995. Diversidad florística de los petenes de Campeche. *Acta Bot. Mex.* 31: 73 – 84.
- Encina D., J. A., A. Zárate L., J. Valdés R. y J. A. Villarreal Q. 2007. Caracterización ecológica y diversidad de los bosques de encino de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Bol. Soc. Bot. México* 81: 51 – 63.
- Farjon, A. and Page, C. N. (compiladores). 1999. *Conifers. Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN/SCC Conifer Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 121 p.
- Flores M., G., J. Jiménez L., X. Madrigal S., F. Moncayo R. y F. Takaki T. 1971. Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México 59 p.
- Gallardo C., J. A., J. A. Meave y E. A. Pérez G. 2005. Estructura, composición y diversidad de la selva baja caducifolia del Cerro Verde, Ninzanda, Oaxaca, México. *Bol. Soc. Bot. México* 76: 19 – 35.
- García, E. 1990. "Moda de precipitación anual" en Moda o valor más frecuente de precipitación. IV.4.8. Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:8000000. Instituto

- de Geografía. UNAM. México. [En línea]. 14 de mayo de 2009. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/informacion/cgi-bin/geo_metadatos_esp.cgi?id=181
- García, E. y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Climas (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México. [En línea]. 14 de mayo de 2009. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/informacion/cgi-bin/geo_metadatos_esp.cgi?id=36
- González C., G. A. 2006. Evaluación de la diversidad y estructura espacial en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México, empleando tres escalas de medición. Tesis de Maestría. Facultad de ciencias forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León. 59 p.
- Gordon, E. A., O. E. Franco and M. L. Tyrrell. 2005. Protecting biodiversity: a guide to criteria used by global conservation organizations. Global Institute of Sustainable Forestry, Yale School of Forestry and Environmental Studies, New Haven, USA 165 p.
- Halffter, G. y C.E. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta, y gamma. *In* Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Halffter, G., J. Soberon, P. Koleff y A. Melic (eds.).m3m-Monografía 3er milenio, Zaragoza, España. pp. 5.
- Hill, M. O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54(2): 427 – 432.
- Hinton, J. y G. S. Hinton. 1995. Checklist of Hinton's collections of the flora of South-Central Nuevo Leon and adjacent Coahuila. *Acta Bot. Mex.* 30: 41 – 112.
- Koleff, P. 2005. Conceptos y medidas de la diversidad beta. *In*: Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Halffter, G., J. Soberon, P. Koleff y A. Melic (eds.).m3m-Monografía 3er milenio, Zaragoza, España. pp. 19.
- Krebs, Ch. J. 1999. *Ecological Methodology*. University of British, Columbia. Ed. Addison Wesley Logman. EUA. 620 p.
- Lamshead, P. J. D., G. I. J. Paterson and J. D. Gage. 1997. *BioDiversity Professional Version 2*. Written by Neil Mc Aleece. Natural History Museum & The Scottis Association for Marien Science. [En línea]. 20 de febrero de 2009. Paquete gratuito disponible en: <http://www.bio.unipg.it/ecologia/download/bdpro.zip.htm>
- Ledig, F. T., M. Mápula L., B. Bermejo V., C. Flores L., V. Reyes H., and M. A. Capó A. 2000. Locations of endangered spruce populations in México and the demography of *Picea chihuahuana*. *Madroño* 47:71 – 88.
- Ledig, T., P. D. Hodsgkiss., K. V. Krutovskii., D. B. Neale., and T. Eguiluz P. 2004. Relationships among the Spruces (*Picea*, Pinacea) of Southwestern North America. *Sistematic Botany* 29(2): 275 – 295.
- Leopold, A.S. 1950. Vegetación zones Mexico. *Ecology* 31(4): 507 – 518.

- López R., E. 2007. Producción de semillas e indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 45 p.
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University, Princeton, New Jersey. 192 p.
- Magurran, A. E. 1989. Diversidad ecológica y su medición. Vedral. España. 200 p.
- Magurran, A. E. 2006. Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing. India. 256 p.
- Martin, P. S. and B. E. Harrell. 1957. The Pleistocene history of temperate biotas in Mexico and eastern United States. Ecology 38: 468 – 480.
- Medina G., C., F. Guevara F., M. A. Martínez R., P. Silva S., M. A. Chávez C. y I. García R. 2000. Estudio florístico en el área de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Acta Bot. Mex. 52: 5 – 41.
- Mejía D., N. R., J. A. Meave y C. Ruiz J. 2004. Análisis estructural de un bosque mesófilo de montaña en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), México. Bol. Soc. Bot. México 74: 13 – 29.
- Müller U., B. y Velázquez F., S. 1983. Aportes a la distribución geográfica del pinabete de chihuahua (*Picea chihuahuana* Martínez) en México. Inédito.
- Müller U., B. y G. Wachtel. 1986. Estructura del estrato arbóreo, estado de la regeneración e intensidad luminosa en un bosque de alta montaña en el noreste de México. In: Fundamentos ecológicos, usos actuales y potenciales de los bosque u matorrales en el Noreste de México. Gussone, H. A., F. Kató, C. Koltzenburg, y E. Röhrig (comps.). Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables. Linares, N. L. pp. 210 – 245.
- Padilla V. E., R. Cuevas G., G. Ibarra M. y S. Moreno G., 2006. Riqueza y biogeografía de la flora arbórea del estado de Colima, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 77: 271 – 295.
- Partida M., J. A. 2007. Diversidad y estructura del manglar en el estero El Chupadero, Tecomán, Colima. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 68 p.
- Patterson, T. F. 1988. A new species of *Picea* (Pinaceae) from Nuevo León, México. SIDA. 13(2): 131 – 135.
- Pielou, E. C. 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley, New York. EUA 286 p.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological diversity. InterScience. Wiley, New York. EUA 165 p.
- Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza de especies. Interciencia 31(8): 9.
- Ponce V., A., I. Luna V., O. Alcántara A. y C. A. Ruiz J. 2006. Florística del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande, Lolotla, Hidalgo, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 77 (2): 177 – 290.

- Priego, A., Morales, H., Fregoso, A., Márquez, R. y H. Cotler. 2003. Diagnóstico biofísico. *In: Diagnóstico bio-físico y socio-económico de la cuenca Lerma-Chapala*. INE, Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. 13 – 84 pp. [En línea]. 03 de setiembre de 2007. Disponible en: [http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/dag_lerma_chapala .pdf](http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/dag_lerma_chapala.pdf)
- Prommerening A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry* 75 (1): 305 – 323.
- Rodríguez L., R., J. J. Pérez, O. A. Aguirre C. y E. J. Treviño G. 2006. Estimación del carbono almacenado en un bosque de niebla en Tamaulipas, México. *Ciencia UANL* 2: 179 – 188.
- Ruíz J., C. A., J. Meave y J. L. Contreras J. 2000. El bosque mesófilo de la región de Puerto Soledad (Oaxaca), México: análisis estructural. *Bol. Soc. Bot. México* 65: 23 – 37.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México 432 p.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Bot. Mex.* 35: 25 – 44.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México 504 p.
- Sánchez R., E. V., L. López M., E. García M. y R. Cuevas. G. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Bol. Soc. Bot. México* 73: 17 – 34.
- Santiago P., A. L. y E. J. Jardel P. 1993. Composición y estructura del bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco – Colima. *Biotam* 5(2): 13 – 26.
- SEMARNAT. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental – 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. D. O. F. 23 de abril de 2003. México. 153 p. [En línea]. 20 de febrero de 2007. Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/forestalysuelos/Pages/anuariosforestales.aspx>
- Smith, B. y J. B. Wilson. 1996. A consumer's guide to evenness measures. *Oikos* 76: 70 – 82.
- UNEP. 1992, Convenio sobre diversidad biológica. 34 p. [En línea] 01 de mayo de 2009. Disponible en: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Valdez T., V., R. Foroughbakhch P. y G. Alanís F. 2003. Distribución relictual del bosque mesófilo de montaña en el noreste de México. *Ciencia UANL* 6(3): 360 – 365.
- Vega E., R. A. y C. Flores L. 2008. Aspectos ecológicos de *Picea mexicana* Martínez en poblaciones naturales de México. *In: Memoria del Congreso Estudiantil Forestal Nacional*. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. México pp. 25.

- Veliz R., J. L. 2009. Estructura y diversidad de manglares en Tecomán, Colima. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 66 p.
- Villavicencio E., L. y J. I. Valdez H. 2003. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencia* 37(4): 413 – 423.
- Whashington, H. G. 1984. Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research* 18: 653 – 694.
- Whittaker, R.H.1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21: 213 – 251.
- Williams L., G., I. Pérez G. y J. Tolomé. 1996. El bosque mesófilo de montaña y un gradiente altitudinal en el centro de Veracruz, México. *La Ciencia y El Hombre* 23:149 – 161.
- Williams L., G., A. Rowden y A. C. Newton. 2003. Distribution and stand characteristics of relict populations of Mexican beech (*Fagus grandifolia* var. *mexicana*). *Biological Conservation* 109: 27 – 36.
- Williams L., G. 2007. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia, y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. CONABIO – Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México. 208 p.
- WRI, UICN y PNUMA. 1992. Estrategia global para la biodiversidad. 41 p. [En línea]. 01 de mayo de 2009. Disponible en: http://pdf.wri.org/estrategiabiodiversidadespguia_bw.pdf

8 APÉNDICE

Apéndice 1. Parámetros de las especies en la población de El Butano, Montemorelos, Nuevo León.

Especies	N ha ⁻¹	N ha %	Cobertura m ² ha ⁻¹	Cobertura %	g ha ⁻¹	g %	Frec.	Frec %	DN	h	h/DN	I.V.I.
<i>Ab du</i>	178	19.6%	3934	22.1%	6.4208	21.8%	6	12%	20.4	17.3	85%	53.4%
<i>Ca ca</i>	23	2.5%	642	3.6%	0.3245	1.1%	2	4%	13.4	12.4	93%	7.6%
<i>Co fl</i>	7	0.8%	551	3.1%	0.3937	1.3%	2	4%	27.3	14.1	52%	6.1%
<i>Cr ba</i>	21	2.3%	554	3.1%	0.7055	2.4%	3	6%	22.0	10.7	49%	10.7%
<i>Ga la</i>	40	4.4%	911	5.1%	0.7124	2.4%	2	4%	21.0	10.9	52%	10.8%
<i>Il ru</i>	132	14.5%	1083	6.1%	5.5808	19.0%	6	12%	23.4	16.5	71%	45.5%
<i>Ju mo</i>	73	8.0%	1885	10.6%	2.7461	9.3%	6	12%	20.5	12.7	62%	29.4%
<i>Pi ma</i>	108	11.9%	2989	16.8%	6.0202	20.5%	6	12%	26.0	15.7	60%	44.3%
<i>Pr se</i>	15	1.6%	177	1.0%	0.3480	1.2%	2	4%	20.0	13.5	68%	6.8%
<i>Qu sp</i>	33	3.6%	496	2.8%	3.1554	10.7%	4	8%	34.2	20.9	61%	22.4%
<i>Sa ni</i>	187	20.5%	2349	13.2%	1.5934	5.4%	5	10%	10.6	6.6	62%	36.0%
<i>Ta gl</i>	93	10.2%	2232	12.5%	1.4193	4.8%	6	12%	15.1	7.3	49%	27.0%
Total	910	100.0%	17802	100.0%	29.4201	100.0%	50	100%	21.1	13.2		

N ha⁻¹= Abundancia por hectárea; N ha %= abundancia relativa por hectárea; Cobertura m² ha⁻¹= cobertura de copa por hectárea en metros cuadrados; Cob. %= cobertura relativa; g ha⁻¹= dominancia expresada en área basal por hectárea en metros cuadrados; g %= dominancia relativa; Frec= frecuencia; Frec %= frecuencia relativa; DN= diámetro normal promedio; h= altura promedio; h/DN= índice de esbeltez; I.V.I.= índice de valor de importancia. *Ab du*= *Abies duranguensis* var. *coahuilensis* (Johnston) Martínez; *Ca ca*= *Carpinus caroliniana* Walter; *Co fl*= *Cornus florida* L. ssp. *urbiana* (Rose) Rickett.; *Cr ba*= *Crataegus baroussana* Eggl.; *Ga la*= *Garrya laurifolia* Hartw. ssp. *macrophylla* (Benth.) Dalwing; *Il ru*= *Ilex rubra* S. Watson; *Ju mo*= *Juglans mollis* Engelm.; *Pi ma*= *Picea martinezii* T. F. Patterson; *Pr se*= *Prunus serotina* Ehrh.; *Qu sp*= *Quercus* sp; *Sa ni*= *Sambucus nigra* L.; *Ta gl*= *Taxus globosa* Schldl.

Apéndice 2. Parámetros de las especies en la población de Agua Lardín, Aramberri, Nuevo León.

Especies	N ha ⁻¹	N ha %	Cobertura m ² ha ⁻¹	Cobertura %	g ha ⁻¹	g %	Frec	Frec %	DN	h	h/DN	I.V.I.
<i>Ab sp</i>	50	9.6%	437	4.8%	2.0842	6.2%	2	10%	22.7	18.3	81%	25.8%
<i>Ar xa</i>	10	1.9%	128	1.4%	1.5498	4.6%	1	5%	23.6	12.5	53%	11.5%
<i>Ca ca</i>	35	6.7%	779	8.6%	0.6116	1.8%	1	5%	15.3	9.3	60%	13.5%
<i>Co fl</i>	28	5.4%	296	3.3%	0.7546	2.2%	1	5%	13.9	10.6	76%	12.6%
<i>Fa gr</i>	38	7.3%	184	2.0%	2.9091	8.6%	1	5%	29.8	22.7	76%	20.9%
<i>Il ru</i>	66	12.7%	1061	11.8%	1.3094	3.9%	2	10%	16.8	12.3	74%	26.6%
<i>Pi es</i>	18	3.5%	373	4.1%	1.5807	4.7%	1	5%	34.0	14.4	42%	13.1%
<i>Pi ma</i>	41	7.9%	1353	15.0%	5.1577	15.2%	3	15%	31.6	17.6	56%	38.1%
<i>Pi te</i>	38	7.3%	1654	18.4%	3.5308	10.4%	1	5%	33.6	17.6	52%	22.7%
<i>Qu la</i>	25	4.8%	237	2.6%	0.3588	1.1%	1	5%	14.4	7.6	53%	10.9%
<i>Qu si</i>	95	18.3%	1063	11.8%	9.5041	28.1%	1	5%	25.9	10.8	41%	51.3%
<i>Qu sp</i>	38	7.3%	543	6.0%	2.1807	6.4%	1	5%	27.6	15.8	57%	18.7%
<i>Sa ni</i>	8	1.5%	35	0.4%	0.0398	0.1%	1	5%	7.8	6.0	77%	6.7%
<i>Ta gl</i>	10	1.9%	217	2.4%	0.4531	1.3%	1	5%	23.6	11.7	49%	8.3%
<i>Ti am</i>	20	3.8%	654	7.3%	1.8509	5.5%	2	10%	32.8	20.0	61%	19.3%
Total	520	100.0%	9015	100.0%	33.8754	100.0%	20	100%	23.6	13.8		

N ha⁻¹= Abundancia por hectárea; N ha %= abundancia relativa por hectárea; Cobertura m² ha⁻¹= cobertura de copa por hectárea en metros cuadrados; Cob. %= cobertura relativa; g ha⁻¹= dominancia expresada en área basal por hectárea; g %=dominancia relativa en porcentaje; Frec= frecuencia; Frec %=frecuencia relativa; DN= diámetro normal promedio; h= altura promedio; h/DN= índice de esbeltez; I.V.I.= índice de valor de importancia. *Ab sp*= *Abies sp*; *Ar xa*= *Arbutus xalapensis* Kunth.; *Ca ca*= *Carpinus caroliniana* Walter; *Co fl*= *Cornus florida* L. ssp. *urbiniana* (Rose) Rickett.; *Fa gr*= *Fagus grandifolia* Ehrh. ssp. *mexicana* Martínez; *Il ru*= *Ilex rubra* S. Watson; *Pi es*= *Pinus estevezii* (Mtz) Perry; *Pi ma*= *Picea martinezii* T. F. Patterson; *Pi te*= *Pinus teocote* Schltdl. et Cham.; *Qu la*= *Quercus laeta* Liebm.; *Qu sp*= *Quercus sp*; *Qu si*= *Quercus sideroxyla* H.B.K.; *Sa ni*= *Sambucus nigra* L.; *Ta gl*= *Taxus globosa* Schltdl.; *Ti am*= *Tilia americana* L.

Apéndice 3. Parámetros de las especies de la población de Agua Fría, Aramberri, Nuevo León.

Especies	N ha ⁻¹	N ha %	Cobertura m ² ha ⁻¹	Cobertura %	g ha ⁻¹	g %	Frec	Frec %	DN	h	h/DN	I.V.I.
<i>Ab sp</i>	70	17.7%	1080	10%	2.2389	12.8%	5	10.6%	19.5	16.1	83%	41.0%
<i>Ca ca</i>	19	4.8%	978	9%	0.6331	3.6%	4	8.5%	20.3	13.5	66%	16.8%
<i>Ca ov</i>	29	7.3%	572	5%	0.3761	2.2%	2	4.3%	13.7	9.5	69%	13.7%
<i>Cr ba</i>	4	1.0%	86	1%	0.0507	0.3%	1	2.1%	12.2	7.8	64%	3.4%
<i>Fa gr</i>	20	5.1%	787	7%	3.1931	18.3%	4	8.5%	43.5	27.3	63%	31.7%
<i>Il ru</i>	52	13.2%	905	8%	1.2382	7.1%	4	8.5%	18.0	13.9	77%	28.8%
<i>Li st</i>	6	1.5%	307	3%	0.8291	4.8%	2	4.3%	42.0	27.0	64%	10.4%
Morfoespecie 1	1	0.3%	77	1%	0.1085	0.6%	1	2.1%	31.1	8.3	27%	3.0%
Morfoespecie 2	1	0.3%	70	1%	0.1335	0.8%	1	2.1%	34.5	24.5	71%	3.1%
Morfoespecie 3	3	0.8%	168	2%	0.0688	0.4%	1	2.1%	14.5	9.5	66%	3.2%
<i>Pi es</i>	15	3.8%	362	3%	0.5327	3.1%	3	6.4%	23.8	16.1	68%	13.1%
<i>Pi ma</i>	99	25.1%	2875	26%	4.2998	24.7%	7	14.9%	23.4	15.1	64%	64.3%
<i>Pr se</i>	1	0.3%	36	0%	0.0599	0.3%	1	2.1%	23.1	5.7	25%	2.7%
<i>Qu la</i>	40	10.1%	1650	15%	2.9834	17.1%	3	6.4%	26.3	15.4	58%	33.5%
<i>Sa ni</i>	15	3.8%	274	3%	0.0883	0.5%	2	4.3%	7.4	5.0	68%	8.5%
<i>Ta gl</i>	19	4.8%	588	5%	0.3834	2.2%	5	10.6%	16.4	8.8	53%	17.4%
<i>Ti am</i>	1	0.3%	121	1%	0.2123	1.2%	1	2.1%	43.5	10.4	24%	3.6%
Total	395	100%	10938	100%	17.4298	100.0%	47	100%	24.3	14.6		

N ha⁻¹= Abundancia por hectárea; N ha % = abundancia relativa por hectárea; Cobertura m² ha⁻¹ = cobertura de copa por hectárea en metros cuadrados; Cob. % = cobertura relativa; g ha⁻¹ = dominancia expresada en área basal por hectárea en metros cuadrados; g % = dominancia relativa; Frec = frecuencia; Frec % = frecuencia relativa; DN = diámetro normal promedio; h = altura promedio; h/DN = índice de esbeltez; I.V.I. = índice de valor de importancia. *Ab sp* = *Abies sp*; *Ca ca* = *Carpinus caroliniana* Walter; *Ca ov* = *Carya ovata* (Mill.) K. Koch.; *Cr ba* = *Crataegus baroussana* Eggl. ; *Fa gr* = *Fagus grandifolia* Ehrh. ssp. *mexicana* Martínez; *Il ru* = *Ilex rubra* S. Watson; *Li st* = *Liquidambar styraciflua* L.; Morfoespecie 1 = especie no identificada; Morfoespecie 2 = especie no identificada; Morfoespecie 3 = especie no identificada; *Pi es* = *Pinus estevezii* (Mtz) Perry; *Pi ma* = *Picea martinezii* T. F. Patterson; *Pr se* = *Prunus serotina* Ehrh. var. *serotina*; *Qu la* = *Quercus laurina* Humb. & Bonpl.; *Sa ni* = *Sambucus nigra* L.; *Ta gl* = *Taxus globosa* Schltdl.; *Ti am* = *Tilia americana* L.

Apéndice 4. Parámetros de las especies en la población de La Encantada, Zaragoza, Nuevo León.

Especies	N ha ⁻¹	N ha %	Cobertura m ² ha ⁻¹	Cobertura %	g ha ⁻¹	g %	Frec.	Frec. %	DN	h	h/DN	I.V.I.
<i>Ab ve</i>	283	24.7%	4658	25.7%	6.6797	22.7%	3	11.1%	18.53	13.6	74%	58.6%
<i>Ar xa</i>	8	0.7%	41	0.2%	0.0191	0.1%	1	3.7%	5.40	5.5	102%	4.5%
<i>Ca ca</i>	18	1.6%	170	0.9%	0.0670	0.2%	1	3.7%	7.15	6.5	91%	5.5%
<i>Co fl</i>	8	0.7%	133	0.7%	0.0228	0.1%	1	3.7%	5.90	5.0	85%	4.5%
<i>Pi ay</i>	181	15.8%	2626	14.5%	5.2512	17.9%	3	11.1%	19.72	13.3	67%	44.8%
<i>Pi ma</i>	161	14.1%	2415	13.3%	3.4007	11.6%	3	11.1%	17.28	11.6	67%	36.8%
<i>Pi te</i>	18	1.6%	74	0.4%	0.0981	0.3%	3	11.1%	8.65	7.0	81%	13.0%
<i>Ps me</i>	20	1.7%	481	2.7%	1.0957	3.7%	3	11.1%	25.67	18.3	71%	16.6%
<i>Qu gr</i>	58	5.1%	1500	8.3%	3.1236	10.6%	2	7.4%	25.97	11.9	46%	23.1%
<i>Qu sp</i>	85	7.4%	2392	13.2%	7.0958	24.2%	2	7.4%	30.74	13.8	45%	39.0%
<i>Que la</i>	40	3.5%	542	3.0%	0.7746	2.6%	2	7.4%	16.00	8.4	53%	13.5%
<i>Ta gl</i>	265	23.1%	3070	17.0%	1.7391	5.9%	3	11.1%	9.11	5.0	55%	40.2%
Total	1145	100.0%	18100	100.0%	29.3674	100.0%	27	100%	15.8	10.0		

N ha⁻¹= Abundancia por hectárea; N ha %=abundancia relativa por hectárea; Cobertura m² ha⁻¹=cobertura de copa por hectárea en metros cuadrados; Cobertura %= cobertura relativa en porcentaje; g ha⁻¹= dominancia expresada en área basal por hectárea en metros cuadrados; g %= dominancia relativa; Frec.=frecuencia; Frec %= frecuencia relativa; DN= diámetro normal promedio; h= altura promedio; h/DN= índice de esbeltez; I.V.I.= índice de valor de importancia. *Ab ve*= *Abies vejari* Martínez; *Ar xa*= *Arbutus xalapensis* Kunth; *Ca ca*= *Carpinus caroliniana* Walter; *Co fl*= *Cornus florida* L. ssp. *urbiniiana* (Rose) Rickett; *Pi ay*= *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw; *Pi ma*= *Picea martinezii* T. F. Patterson; *Pi te*= *Pinus teocote* Schltdl. et Cham.; *Ps me*= *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco; *Qu sp*= *Quercus sp*; *Qu gr*= *Quercus greggii* (A.DC.) Trel.; *Qu la*= *Quercus laurina* Humb. & Bonpl; *Ta gl*= *Taxus globosa* Schltdl.

Nota: Para *Quercus sp.* no se ha determinado la especie pero en trabajos anteriores se han reportado *Quercus affinis*, *Quercus sideroxyla* y *Quercus mexicana* además de las ya identificadas (Capó *et al.*, 1997; Müller y Watchel, 1986).

Apéndice 5. Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en El Butano, Montemorelos, Nuevo León.

Especie	Estratos												Total	
	I (33.1 – 41.0 m)				II (21.1 – 33.0 m)				III (0 – 21.0 m)				N/ha	m ² /ha
	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	100%	100%
<i>Ab du</i>	3	50%	0.2761	33%	41	47%	3.7997	37%	182	20%	3.555	20%	226	7.6308
<i>Ca ca</i>									34	4%	0.4339	2%	34	0.4339
<i>Co fl</i>									10	1%	0.5905	3%	10	0.5905
<i>Cr ba</i>									32	4%	1.0583	6%	32	1.0583
<i>Ga la</i>									48	5%	0.7069	4%	48	0.7069
<i>Il ru</i>					8	9%	0.8857	9%	68	7%	3.1135	18%	76	3.9992
<i>Ju mo</i>					3	3%	0.3681	4%	84	9%	2.1128	12%	87	2.4809
<i>Pi ma</i>	3	50%	0.5704	67%	28	32%	4.5753	44%	95	10%	1.9712	11%	126	7.1169
<i>Pr se</i>									8	1%	0.3393	2%	8	0.3393
<i>Qu sp</i>					8	9%	0.7388	7%	3	0%	0.1327	1%	11	0.8715
<i>Sa ni</i>									239	26%	2.0447	12%	239	2.0447
<i>Ta gl</i>									111	12%	1.3837	8%	111	1.3837
TOTAL	6	100%	0.8465	100%	88	100%	10.3676	100%	914	100%	17.4425	100%	1008	28.6566

N/ha=Abundancia; m²/ha= Dominancia; *Ab du*= *Abies duranguensis* var. *coahuilensis* (Johnston) Martínez; *Ca ca*= *Carpinus caroliniana* Walter; *Co fl*= *Cornus florida* L. ssp. *urbiniana* (Rose) Rickett.; *Cr ba*= *Crataegus baroussana* Eggl.; *Ga la*= *Garrya laurifolia* Hartw. ssp. *macrophylla* (Benth.) Dalwing; *Ju mo*= *Juglans mollis* Engelm.; *Il ru*= *Ilex rubra* S. Watson; *Pi ma*= *Picea martinezii* T. F. Patterson; *Pr se*= *Prunus serotina* Ehrh.; *Qu sp*= *Quercus* sp; *Sa ni*= *Sambucus nigra* L.; *Ta gl*. *Taxus globosa* Schldl;

Apéndice 6. Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en Agua Lardín, Aramberri, Nuevo León.

Especie	Estratos												Total	
	I (33.1 – 41.0 m)				II (21.1 – 33.0 m)				III (0 – 21.0 m)				N/ha	m ² /ha
	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	100%	100%
<i>Ab sp</i>	3	15%	0.9393	15%	10	17%	0.3712	5%	36	8%	0.2836	1%	49	1.5941
<i>Ar xa</i>									10	2%	0.4692	2%	10	0.4692
<i>Ca ca</i>									35	8%	0.6116	3%	35	0.6116
<i>Co fl</i>					3	5%	0.4618	7%	24	5%	0.2928	2%	27	0.7546
<i>Fa gr</i>	7	35%	1.5137	24%	13	22%	0.9031	13%	18	4%	0.4923	3%	38	2.9091
<i>Il ru</i>									65	15%	1.3095	7%	65	1.3095
<i>Pi es</i>					3	5%	0.9456	14%	15	3%	0.6351	3%	18	1.5807
<i>Pi ma</i>	10	50%	3.8971	61%	3	5%	0.378	5%	28	6%	0.8372	4%	41	5.1123
<i>Pi te</i>					13	22%	2.4277	35%	25	6%	1.1031	6%	38	3.5308
<i>Qu la</i>									23	5%	0.3588	2%	23	0.3588
<i>Qu si</i>									95	22%	9.5041	50%	95	9.5041
<i>Qu sp</i>					3	5%	0.3982	6%	35	8%	1.7629	9%	38	2.1611
<i>Sa sp</i>									8	2%	0.0398	0.2%	8	0.0398
<i>Ta gl</i>									10	2%	0.4531	2%	10	0.4531
<i>Ti am</i>					10	17%	1.0268	15%	10	2%	0.8241	4%	20	1.8509
Total	20	100%	6.3501	100%	58	100%	6.9124	100%	437	100%	18.9772	100%	515	32.2397

N/ha= Abundancia; m²/ha= dominancia; *Ab sp*= *Abies sp*; *Ar xa*= *Arbutus xalapensis* Kunth.; *Ca ca*= *Carpinus caroliniana* Walter; *Co fl*= *Cornus florida* L. ssp. *urbiniana* (Rose) Rickett.; *Fa gr*= *Fagus grandifolia* Ehrh. ssp. *mexicana* Martínez; *Il ru*= *Ilex rubra* S. Watson; *Pi es*= *Pinus estevezii* (Mtz) Perry; *Pi ma*= *Picea martinezii* T. F. Patterson; *Pi te*= *Pinus teocote* Schltdl. et Cham.; *Qu la*= *Quercus laeta* Liebm.; *Qu sp*= *Quercus sp*; *Qu si*= *Quercus sideroxylla* H.B.K.; *Sa ni*= *Sambucus nigra* L.; *Ta gl*= *Taxus globosa* Schltdl.; *Ti am*= *Tilia americana* L.

Apéndice 7. Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en Agua Fría, Aramberri, Nuevo León.

Especie	Estratos												Total	
	I (33.1 – 41.0 m)				II (21.1 – 33.0 m)				III (0 – 21.0 m)				N/ha	m ² /ha
	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	100%	100%
<i>Ab sp</i>	4	29%	0.9055	24%	3	7%	0.3913	7%	67	21%	0.8960	12%	74	2.1928
<i>Ca ca</i>									20	6%	0.6228	8%	20	0.6228
<i>Ca ov</i>					3	7%	0.1665	3%	24	8%	0.1908	2%	27	0.3573
<i>Cr ba</i>									5	2%	0.0479	1%	5	0.0479
<i>Fa gr</i>	6	43%	1.2133	32%	10	24%	1.6038	28%	3	1%	0.3759	5%	19	3.1930
<i>Il ru</i>					1	2%	0.0924	2%	48	15%	1.054	14%	49	1.1464
<i>Li st</i>					6	14%	0.8291	14%					6	0.8291
<i>Morfoespecie 1</i>					1	2%	0.1138	2%					1	0.1138
<i>Morfoespecie 2</i>					1	2%	0.1335	2%					1	0.1335
<i>Morfoespecie 3</i>									1	0.3%	0.0590	1%	1	0.0590
<i>Pi es</i>									14	4%	0.5246	7%	14	0.5246
<i>Pi ma</i>	3	21%	0.895	24%	9	21%	1.1461	20%	71	22%	2.2077	29%	83	4.2488
<i>Pr se</i>									1	0.3%	0.0599	1%	1	0.0599
<i>Qu la</i>	1	7%	0.7361	20%	7	17%	1.0456	18%	32	10%	1.2511	16%	40	3.0328
<i>Sa sp</i>									14	4%	0.0757	1%	14	0.0757
<i>Ta gl</i>									18	6%	0.3617	5%	18	0.3617
<i>Ti am</i>					1	2%	0.2123	4%					1	0.2123
Total	14	100%	3.7499	100%	42	100%	5.7344	100%	318	100%	7.7271	100%	374	17.2114

N/ha= Abundancia; m²/ha= dominancia; *Pi ma*=*Picea martinezii* T. F. Patterson; *Ab sp*= *Abies sp*; *Il ru*=*Ilex rubra* S. Watson; *Qu la*= *Quercus laurina* Humb. & Bonpl.; *Ca ov*= *Carya ovata* (Mill.) K. Koch.; *Ca ca*= *Carpinus caroliniana* Walter; *Fa gr*= *Fagus grandifolia* Ehrh. ssp. *mexicana* Martínez; *Ta gl*=*Taxus globosa* Schltld.; *Pi es*= *Pinus estevezii* (Mtz) Perry; *Sa sp*= *Sambucus nigra* L.; *Li st*= *Liquidambar styraciflua* L.; *Cr ba*= *Crataegus baroussana* Eggl.; *Pr se*= *Prunus serotina* Ehrh. var. *serotina*; *Morfoespecie 1*= especie no identificada; *Morfoespecie 2*= especie no identificada; *Ti am*= *Tilia americana* L.; *Morfoespecie 3*= especie no identificada

Apéndice 8. Distribución vertical de especies de acuerdo al número de árboles y el área basal en La Encantada, Zaragoza, Nuevo León.

Especie	Estratos												Total	
	I (33.1 – 41.0 m)				II (21.1 – 33.0 m)				III (0 – 21.0 m)				N/ha	m ² /ha
	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	N/ha	(%)	m ² /ha	(%)	100%	100%
<i>Ab ve</i>					17	30%	1.4782	22%	266	24%	5.4528	23%	283	6.931
<i>Ar xa</i>									8	1%	0.0191	0.1%	8	0.0191
<i>Ca ca</i>									17	2%	0.067	0.3%	17	0.067
<i>Co fl</i>									8	1%	0.0228	0.1%	8	0.0228
<i>Pi ay</i>					13	23%	2.259	33%	177	16%	2.9922	13%	190	5.2512
<i>Pi ma</i>					10	18%	1.3759	20%	150	14%	2.0248	9%	160	3.4007
<i>Pi te</i>									17	2%	0.9810	4%	17	0.981
<i>Ps mn</i>					10	18%	0.6902	10%	10	1%	0.4055	2%	20	1.0957
<i>Qu gr</i>									58	5%	3.1227	13%	58	3.1227
<i>Qu la</i>									39	4%	0.7746	3%	39	0.7746
<i>Qu sp</i>					7	12%	1.0414	15%	75	7%	5.7887	25%	82	6.8301
<i>Ta gl</i>									265	24%	1.7392	7%	265	1.7392
Total					57	100%	6.8447	100%	1090	100%	23.3904	100%	1147	30.2351

N/ha= Abundancia; m²/ha= dominancia; *Ab ve*= *Abies vejari* (Mart.); *Ta gl*= *Taxus globosa* Schltl.; *Pi ay*= *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw; *Pi ma*= *Picea martinezii* T. F. Patterson; *Qu sp*= *Quercus* sp; *Qu gr*= *Quercus greggii* (A.DC.) Trel.; *Qu la*= *Quercus laurina* Humb. & Bonpl; *Ps me*= *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco; *Ca ca*= *Carpinus caroliniana* Walter; *Pi te*= *Pinus teocote* Schltl. et Cham.; *Ar xa*= *Arbutus xalapensis* Kunth; *Co fl*= *Cornus florida* L. ssp. *urbiniana* (Rose) Rickett.