

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



*Picea martinezii* T.F. Patterson (PINACEAE).

Por:

**ÁNGEL ALFREDO COLAZO AYALA**

Monografía

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

*Picea martinezii* T.F. Patterson (PINACEAE).

Por:

**ÁNGEL ALFREDO COLAZO AYALA**

Monografía

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada

M.C. Celestino Flores López

Asesor Principal

M.C. José Aniseto Díaz Balderas

Coasesor

M.C. Juan Antonio Encina Domínguez

Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2012

## DEDICATORIA

### CON EL CARIÑO Y RESPETO QUE LES TENGO A MIS PADRES

Raquel Ayala Álvarez y Ramiro Colazo Ramírez por haberme dado la vida, quienes me han forjado en la vida un carácter de fortaleza y liderazgo para salir adelante, a su enorme trabajo para que yo lograra llegar a donde estoy, así como atención de mis cuidados y necesidades siempre que necesite para que fuera una persona de bien.

### A MIS QUERIDOS HERMANOS

CARLOS, ARACELI, BERENICE, ALEJANDRO

Por su compañía, apoyo en cada uno de los momentos que los necesité, por todos los momentos que pasamos juntos y por todo su cariño de buenos hermanos, ¡gracias!, en especial a mi hermana Berenice, Carlos y Araceli que son los que estuvieron al pendiente de mi estabilidad económica durante mi estancia dentro de la Universidad, y Alejandro por acompañar a mis padres en todo este tiempo que yo no estuve con ellos, cuando me necesitaban. Gracias a todos ellos por sus consejos que me dieron todo el tiempo que no estuvimos juntos.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de ser parte de este mundo, el cual me ha permitido tener triunfos y que me han permitido avanzar y subir un escalón más de lo que es la meta de mi vida, para poder llegar a cumplir el sueño que desde hace varios años he venido persiguiendo con entusiasmo y perseverancia.

A mi *Alma Mater* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por la huella que ha dejado en mi vida, de aprendizaje, esfuerzo trabajo, entusiasmo y superación ante todos los desafíos que ocurren en nuestras vidas.

Al M.C. Celestino Flores López, por su apoyo, disponibilidad de tiempo, la paciencia que en cada sesión me tuvo y por las grandes estrategias que utilizó para que yo aprendiera, por la confianza que brindaba a la hora de trabajar y la seguridad en el trabajo.

Al M.C. José Aniseto Días Balderas, por el apoyo recibido en la aclaración de dudas y la revisión del presente trabajo, así como la disponibilidad de tiempo para aclarar mis dudas y aportar ideas que mejoren la calidad del trabajo.

Al M.C. Juan Antonio Encina Domínguez, por la atención que tuvo para la realización de este trabajo dentro y fuera de la Universidad en donde asistió en la revisión de la información en todo momento, y aportando ideas para obtener un trabajo de buena calidad y de información relevante.

## A MIS AMIGOS

Por el apoyo en todos los momentos de mi carrera a la hora de solucionar dudas o necesidades de trabajos que se complicaban y que teníamos que acudir a uno de ellos, cuando los necesitábamos para dar solución a nuestro problema; en las prácticas cuando salíamos que nos reuníamos para llevar lonche especial y comer allá cuando nos reuníamos para hacer nuestras, fiestas por todo eso y por muchas ocasiones más, doy las gracias a Marco Antonio Morales Silva, Zilmar Adrián Zamora Sosa, Rigoberto Ortiz Pérez, Horacio García Ayala, Pedro Mérida Altúzar, Jesús Aristeo Jacobo Pérez, Josué Agustín López Samaguey, Eduardo Nuñez Álvarez; de las mujeres que convivieron y contribuyeron en el desarrollo de mi carrera , Angelina Cruz Hernández, María del Carmen Espinoza Cárdenas.

## CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1 INTRODUCCIÓN .....	1
2 DESCRIPCIÓN Y AUTOECOLOGÍA DE LA ESPECIE .....	3
2.1 Taxonomía y descripción botánica .....	3
2.2 Distribución .....	8
2.2.1 Distribución natural .....	8
2.3 Asociación de especie de plantas .....	10
2.4 Factores del medio ambiente .....	16
2.4.1 Altitud .....	16
2.4.2 Geología .....	16
2.4.3 Suelo .....	17
2.4.4 Clima .....	18
2.5 Factores físicos y biológicos .....	21
2.5.1 Plagas y enfermedades .....	21
2.5.2 Otros factores .....	22
2.6 Características de uso de la madera .....	24
3 PRODUCCIÓN DE PLANTA EN VIVERO .....	25
3.1 Propagación .....	25
3.1.1 Propagación sexual .....	25
4 MANEJO SILVÍCOLA .....	28
4.1 Regeneración .....	28
4.2 Estructura y composición de rodales de <i>Picea martinezii</i> .....	29
4.3 Crecimiento y rendimiento .....	32
4.4 Estado de conservación .....	36

5 GENÉTICA.....	38
5.1 Variación genética.....	38
5.1.1 Colecciones de procedencia.....	38
5.1.2 Variación de procedencia .....	41
5.1.3 Crecimiento.....	45
5.2 Conservación genética.....	47
5.2.1 <i>In situ</i> .....	47
5.2.2 <i>Ex situ</i> .....	49
6 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CONSULTADA .....	51
7 LITERATURA CITADA.....	55

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Ubicación geográfica de las poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson en el estado de Nuevo León) (Ledig <i>et al.</i> , 2000a).....	10
Cuadro 2. Valores de índices de diversidad para las poblaciones de <i>Picea martinezii</i> (Villalba, 2009).....	11
Cuadro 3. Parámetros de las especies en la población de La Encantada, Zaragoza, Nuevo León (Villalba, 2009).....	12
Cuadro 4. Parámetros de las especies en la población de El Butano, Montemorelos, Nuevo León según (Villalba, 2009).....	13
Cuadro 5. Parámetros de las especies en la población de Agua Alardín, Aramberri, Nuevo León (Villalba, 2009).....	14
Cuadro 6. Parámetros de las especies de la población de Agua Fría, Aramberri, Nuevo León (Villalba, 2009).....	15
Cuadro 7. Modelos seleccionados por variable de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson (Gómez, 2007).....	36
Cuadro 8. Modelos de incremento seleccionados por variable de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson (Gómez, 2007).....	36
Cuadro 9. Prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de separación de medias entre las cuatro poblaciones naturales de <i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson (Martínez, 2009).....	43
Cuadro 10. Estimación de los componentes de varianza entre y dentro de poblaciones en <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson (Martínez, 2009).....	44
Cuadro 11. Autores de los temas revisados en la monografía y sus totales.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Aspecto del árbol de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson en la población de Agua Fría, Aramberri, Nuevo León (Fotografía tomada por: C. Flores L., 10 de Junio de 2006).....	4
Figura 2. Corteza de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson en la población La Encantada, Zaragoza, Nuevo León (Fotografía tomada por: C. Flores L., 24 de Febrero de 2006).....	5
Figura 3. Ramas de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson en La Encantada, Zaragoza, Nuevo León (Fotografía tomada por: C. Flores L., 24 de Febrero de, 2006).....	5
Figura 4. Acículas de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson (Fotografía tomada por: C. Flores L., 26 de Noviembre de 2006).....	6
Figura 5. Conos de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson maduro (A) tierno (B) en la población de Agua Fría, Aramberri, Nuevo León (Fuente: C. Flores L., 20 de Mayo de 2005).....	6
Figura 6. Escamas de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson con dos semillas fértiles (A) y con dos semillas abortadas (B) (Fotografía tomada por: C. Flores L., 4 de Abril del 2007).....	7
Figura 7. Semillas sin ala de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson procedente de las cuatro poblaciones (A) Agua Fría (B) Agua Alardín (C) La Encantada (D) El Butano en el estado de Nuevo León (Fotografía tomada por: C. Flores L., 9 de Marzo del 2007).....	7
Figura 8. Semillas con ala de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson (Fotografía tomada por: C. Flores L., 7 de Agosto del 2007).....	8
Figura 9. Localidades de las poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson en los municipios del Estado de Nuevo León (Ledig et al., 2000a).....	9
Figura 10. Mapa de distribución de suelos en las poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson en el Estado de Nuevo León.....	17
Figura 11. Mapa de climas en poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson en el Estado de Nuevo León.....	18

Figura 12. Mapa de Temperaturas en poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson en el Estado de Nuevo León.....	19
Figura 13. Mapa de Precipitaciones en poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson en el Estado de Nuevo León.....	20
Figura 14. Daños causados por plagas en <i>Picea martinezii</i> de la familia (Adelgidae) en poblaciones de Agua Fría Municipios de Aramberri, Nuevo León (Fotografía tomada por: C. Flores L., 10 de junio del 2006).....	21
Figura 15. Daños al arbolado de <i>Picea martinezii</i> por actividades humanas (Fotografía tomada por: C. Flores L., 11 de junio del 2006).....	23
Figura 16. Conos de <i>Picea martinezii</i> afectados por el ataque de ardillas (Fotografía tomada por: C. Flores L., 17 de agosto del 2006).....	24
Figura 17. Producción y pérdida de semillas de cuatro poblaciones naturales de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson (López, 2007).....	25
Figura 18. Germinación de semillas de <i>Picea martinezii</i> de las localidades (A) Agua Alardín (B) Agua Fría (C) La Encantada y (D) El Butano, semillas germinadas en laboratorio en un ambiente controlado (Fotografías tomadas por: C. Flores L., 12 de diciembre del 2010).....	26
Figura 19. Plántulas de <i>Picea martinezii</i> (A) normales y (B) anormales (Fotografía tomada por: C. Flores L., 12 de diciembre del 2010).....	27
Figura 20. Regeneración natural de <i>Picea martinezii</i> en el estado de Nuevo León (Villalba, 2009).....	28
Figura 21. Regeneración natural de <i>Picea martinezii</i> en la población de Agua Fría en el municipio de Aramberri, Nuevo León (Fotografías tomadas por: C. Flores L., 20 de Mayo del 2005).....	29
Figura 22. Curvas ajustadas de la relación edad-altura de las tres poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson (Gómez, 2007).....	32
Figura 23. Curvas ajustadas de la relación edad-diámetro de las tres poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson (Gómez, 2007).....	34

Figura 24. Curvas ajustadas de la relación edad-área basal de las tres poblaciones <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson (Gómez, 2007).....	35
Figura 25. Características morfológicas del cono de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson (Martínez, 2009).....	40
Figura 26. Curvas ajustadas de incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) para la variable altura de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson (Gómez, 2007).....	46
Figura 27. Curva de crecimiento ajustada de edad-diámetro de <i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson de Nuevo León (Gómez, 2007).....	46
Figura 28. Curvas ajustadas de incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) para la variable diámetro normal de <i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson (Gómez, 2007).....	47

## RESUMEN

El objetivo de la monografía fue recopilar y organizar la información disponible sobre *Picea martinezii* T.F. Patterson, esto debido a que es una especie considerada como rara y endémica por sus poblaciones escasas en el estado de Nuevo León, al igual que *Picea chihuahuana* Martínez y *Picea mexicana* Martínez, las especies de este género están listadas en las categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El procedimiento para elaborar esta monografía consistió en un guión establecido. Los temas definidos fueron: descripción de la especie, producción de planta en vivero, manejo de plantaciones, manejo silvícola y genético, realizando al final un análisis sobre los cinco temas, identificando aquellos temas donde no se ha desarrollado información.

La bibliografía disponible de esta especie fue de 42 referencias bibliográficas, para el tema de descripción de la especie se encontraron 22 autores, con un 52.38% de la información consultada, el segundo producción de planta en vivero con solo 3 autores, corresponde a un 7.14% seguido por el tema de manejo silvícola con 5 autores y un 11.90% y por último el tema de genética, con 12 autores ocupa un 28.57%, los temas de manejo de plantaciones y producción de planta en vivero fueron eliminados debido a que se carece de información.

Palabras clave: *Picea martinezii*, monografía, endémica, bosque mesófilo, conservación.

## ABSTRACT

The purpose of the monograph was to compile and organize information on *Picea martinezii* TF Patterson, because this is a species considered rare and endemic to their scarce populations in the state of Nuevo Leon, as the species of *Picea chihuahuana* Martínez and *Picea mexicana* Martínez, this genus are listed in the category of risk according to NOM-059-SEMARNAT-2010.

The procedure for preparing this paper consisted of an established script. The themes identified were: description of the species, plant nursery production, plantation management, forest management and genetic, at the end an analysis was done of the five themes, identifying those topics where information has not been developed.

The available literature of this species was 42 references to the topic description of the species were found 22 authors, with 52.38% of the information consulted, the second was the production plant in the nursery with only 3 authors, corresponds to a 7.14 % followed by the issue of forest management with 5 authors and a 11.90% and finally the subject of genetics, with 12 authors holds a 28.57%, the issues of management of plantations and nursery plant production were removed because it lack of information.

Keywords: *Picea martinezii*, monograph, endemic, cloud forest, conservation.

## 1 INTRODUCCIÓN

El género *Picea* en México incluye tres especies: *Picea chihuahuana* Martínez, *P. martinezii* T.F. Patterson y *P. mexicana* Martínez, con diferente distribución y crecen en poblaciones aisladas. *P. chihuahuana* se distribuye en la Sierra Madre Occidental en los estados de Chihuahua y Durango; *P. martinezii* en la Sierra Madre Oriental en el estado de Nuevo León; y *P. mexicana* en la Sierra Madre Occidental y Oriental en Chihuahua y Coahuila (Ledig *et al.*, 2000a).

Las especies anteriores están listadas bajo estatus de riesgo, en la categoría de peligro de extinción dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, debido a sus áreas de distribución, además de que el tamaño de sus poblaciones han disminuido drásticamente, poniendo en riesgo su viabilidad biológica en su hábitat natural (SEMARNAT, 2010). Las poblaciones de esta especie son relictuales, cuyo principal riesgo de desaparecer es debido a los incendios forestales (Flores 2004; Alanís *et al.*, 2004). Así también 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, esto debido al declive en el tamaño y/o calidad de su hábitat.

*Picea martinezii* es una especie endémica de México y se tienen cuatro poblaciones en el estado de Nuevo León, de tal manera que la SOMEMMA (Sociedad Mexicana de Mastozoología Marina) ha listado un número de especies de flora y fauna en la que *Picea martinezii* aparece dentro del programa de conservación de especies en riesgo (PROCER, 2009), ya que esta especie reside dentro de bosque mesófilo de montaña asociada con familias de especies de regiones boreales, templadas, tropicales y subtropicales, se caracteriza por estar asociada a vegetación con especies de afinidad tropical. Crece en altitudes entre 2,250 y 2,650 m.s.n.m. se asocia con especies de coníferas como: *Pinus*, *Abies* y *Taxus*, también con *Quercus*, *Tilia*, *Ostrya*, *Cornus*, *Ilex*, *Juglans* y *Crataegus* (Patterson, 1988; Capó *et al.*, 1997; y CONANP-CONABIO, 2009).

Debido a la falta de información de *Picea martinezii* T.F. Patterson, se está realizando una recopilación de la información disponible con el propósito de organizar en un guion secuencial de los temas que se conocen de la especie; dicho guion está basado en publicaciones monográficas elaborado para coníferas (García, 2010) ya que es de gran importancia conocer la especie debido a que se encuentra listada en peligro de extinción.

#### Objetivo

Recopilar, organizar y analizar información bibliográfica sobre trabajos o estudios desarrollados de *Picea martinezii*.

## 2 DESCRIPCIÓN Y AUTOECOLOGÍA DE LA ESPECIE

### 2.1 Taxonomía y descripción botánica

Originalmente *Picea martinezii* fue reportada como *P. chihuahuana* (Müller y Alanís, 1984), pero después de estudios detallados se definió como una nueva especie y se le asignó el nombre de *Picea martinezii* T.F. Patterson (Patterson, 1988). Es difícil distinguir las especies del género *Picea* porque son pocas las diferencias en su morfología y preferencias ecológicas, razón por la cual el número de especies reconocidas a nivel mundial ha variado de 28 hasta 50. El listado más reciente de coníferas el de Farjón (2001), el cual incluye 34 especies, tres subespecies y 15 variedades y considera a esta especie como una variante del pinabete espinoso (*P. chihuahuana*), sin embargo, se ha demostrado que son especies diferentes que han estado separadas por un largo periodo de tiempo (Patterson, 1988).

De acuerdo con Patterson (1988) el pinabete de Nuevo León es un árbol de mediano tamaño de 25 a 30 m de alto, a veces hasta 40 m, con un tronco que alcanza hasta un metro de diámetro (Figura 1), la corteza es delgada y escamosa que se desprende en pequeñas láminas circulares de 5 a 10 cm (Figura 2). La copa del árbol es cónica, con ramas espaciadas y colgantes, sus brotes son robustos, café claro con un peciolo prominente (Figura 3). La fisonomía del árbol maduro se detecta por la silueta de su copa, formada por escasas ramas individuales que salen del tronco en ángulo recto y con poca carga foliar dando al árbol un aspecto asimétrico, aparentando haber sido azotado por el viento (Müller-Using y Velázquez, 1983).

Las hojas son aciculares de 16 a 27 mm de largo por 1 a 2 mm de ancho, son robustas, aplanadas en su sección transversal, verde brillante, con puntas afiladas y dirigidas hacia arriba (Figura 4). Se diferencia del pinabete espinoso (*Picea*

*chihuahuana*) por sus hojas que son de mayor tamaño (13 a 23 mm), pero su punta espinosa es menor. Los conos crecen hacia abajo, cilíndricos, verdes y miden de 8.5 a 16 cm de largo y de 3 a 6 cm de ancho en la madurez y se tornan de color café (Figura 5). Cada cono con 12 a 16 escamas espaciadas por cada 10 cm, son lisas, rígidas y redondeadas de 1.9 a 3.0 cm de largo por 1.8 a 2.5 cm de ancho (Figura 6). Tienen color verde que madura a café pálido 6 a 8 meses después de la polinización. Las semillas (Figura 7) son cafés, redondeadas de 4 a 5 mm de largo con alas (Figura 8) café pálido de 16 a 23 mm de largo (Patterson, 1988).



Figura 1. Aspecto del árbol de *Picea martinezii* T.F. Patterson en la población de Agua Fría, Aramberri, Nuevo León (Fotografía tomada por: C. Flores L., 10 de Junio de 2006).



Figura 2. Corteza de *Picea martinezii* T.F. Patterson en la población La Encantada, Zaragoza, Nuevo León (Fotografía tomada por: C. Flores L., 24 de Febrero de 2006).



Figura 3. Ramas de *Picea martinezii* T.F. Patterson en La Encantada, Zaragoza, Nuevo León (Fotografía tomada por: C. Flores L., 24 de Febrero de, 2006).

Se diferencia de *P. chihuahuana* por su distribución, además por el tamaño del cono (7 a 12 cm de largo, abre hasta 5 cm en la madurez), escamas más apretadas, con hasta 30 escamas por 10 cm de cono y de menor tamaño (hasta 2.3 cm de largo por 2 cm de ancho) (Patterson, 1988).



Figura 4. Acículas de *Picea martinezii* T.F. Patterson (Fotografía tomada por: C. Flores L., 26 de Noviembre de 2006).



Figura 5. Conos de *Picea martinezii* T.F. Patterson maduro (A) tierno (B) en la población de Agua Fría, Aramberri, Nuevo León (Fuente: C. Flores L., 20 de Mayo de 2005).

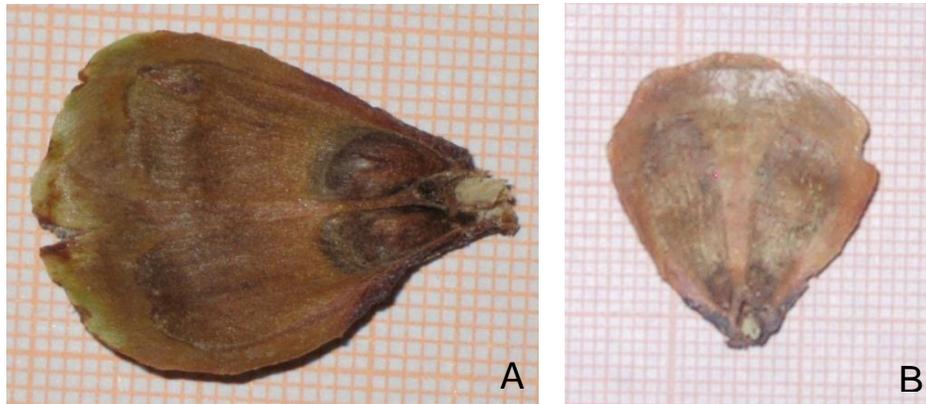


Figura 6. Escamas de *Picea martinezii* T.F. Patterson con dos semillas fértiles (A) y con dos semillas abortadas (B) (Fotografía tomada por: C. Flores L., 4 de Abril del 2007).

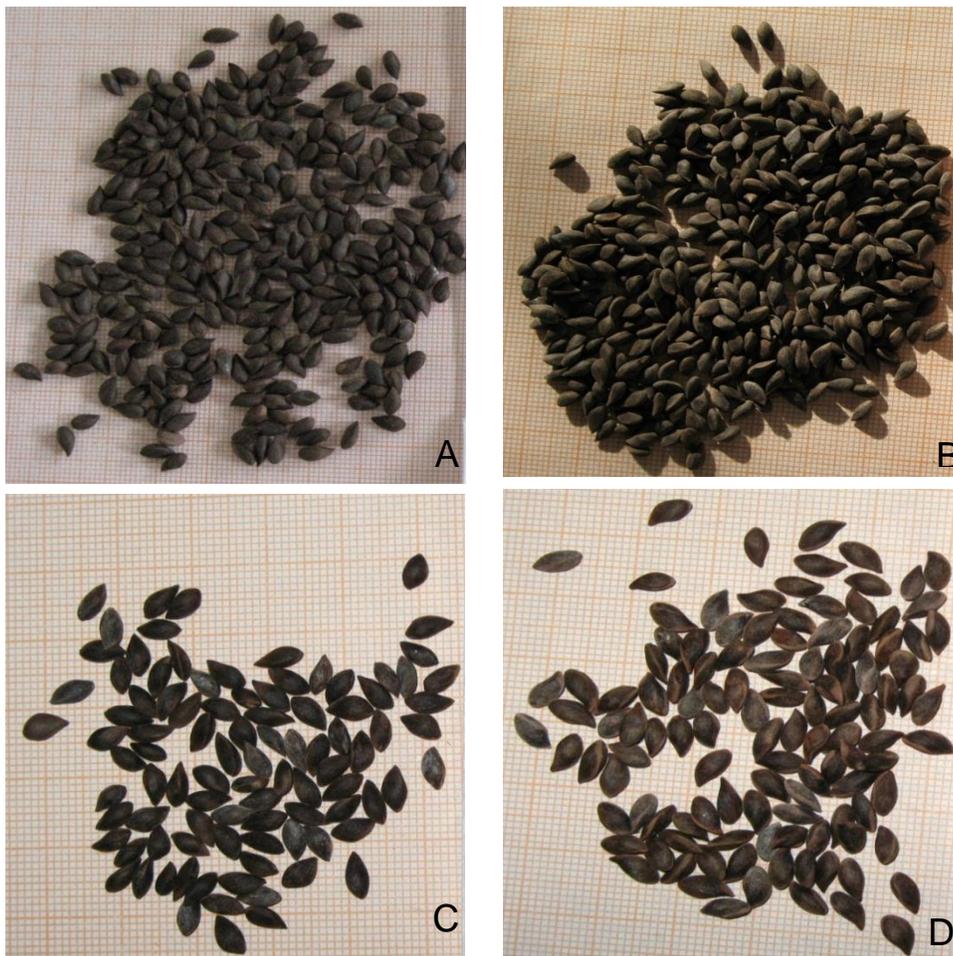


Figura 7. Semillas sin ala de *Picea martinezii* T.F. Patterson procedente de las cuatro poblaciones (A) Agua Fría (B) Agua Alardín (C) La Encantada (D) El Butano en el estado de Nuevo León (Fotografía tomada por: C. Flores L., 9 de Marzo del 2007).



Figura 8. Semillas con ala de *Picea martinezii* T.F. Patterson (Fotografía tomada por: C. Flores L., 7 de Agosto del 2007).

## 2.2 Distribución

### 2.2.1 Distribución natural

El género *Picea* al menos hace 8,000 años, se distribuía 500 km más al sur de la distribución actual del pinabete espinoso (*P. chihuahuana*) y del pinabete de Nuevo León (*P. martinezii*); en la actualidad su distribución se ha restringido y es considerada una especie rara y endémica del noreste de México, sus poblaciones han estado aisladas genéticamente al menos entre 150 a 15,000 años (Patterson, 1988, Rzedowski, 2006).

*Picea martinezii* T.F. Patterson es una especie endémica de Nuevo León, donde se distribuye en dos localidades de la Sierra Madre Oriental con cuatro poblaciones: Cañón el Butano (Ejido La Trinidad, municipio Montemorelos), Cañada del Puerto (Propiedad privada), Agua Fría (Propiedad privada), ambas del municipio Aramberri y la Tinaja (Ejido la Encantada, municipio de Zaragoza), estas localidades se encuentran dentro del Parque Nacional Cumbres de Monterrey

(Patterson, 1988, Hinton y Hinton, 1995, Villarreal y Estrada, 2008, Velazco *et al.*, 2011). Las cuatro poblaciones se ubican en el estado de Nuevo León en los municipios de Aramberri, Montemorelos y Zaragoza (Figura 9) (Müller-Using y Velázquez, 1983 y Ledig *et al.*, 2000a) (Cuadro 1). La distancia que separa a las poblaciones más alejadas es de 145.84 km y las más cercanas se encuentran a solo 2.47 km.

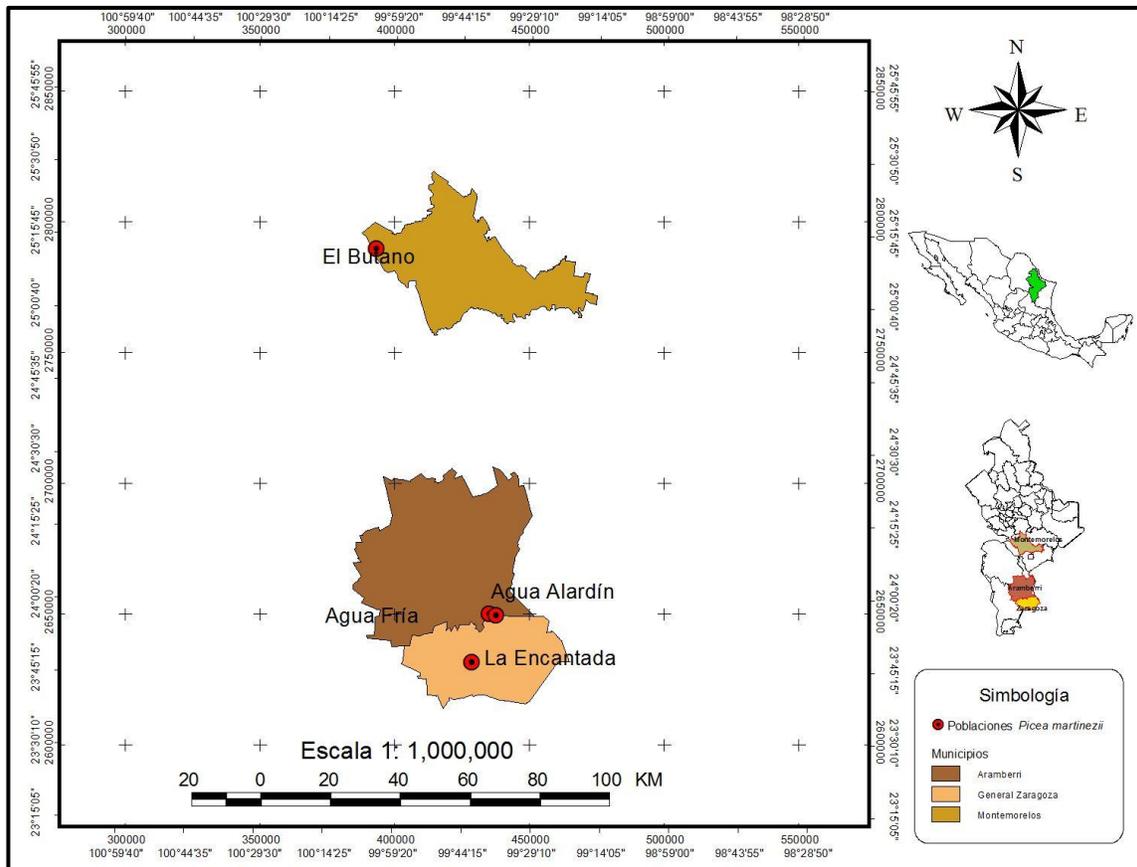


Figura 9. Localidades de las poblaciones de *Picea martinezii* T.F. Patterson en los municipios del Estado de Nuevo León (Ledig *et al.*, 2000a).

Las poblaciones de *Picea* en México presentan diferencias en su distribución espacial así como en la asociación de especies. En particular *P. martinezii* se asocia con familias de regiones templadas, y subtropicales, las reportadas para los bosques de La Encantada y El Butano sugieren que la vegetación corresponde a un bosque mesófilo de montaña (Capó *et al.*, 1997; Valdéz *et al.*, 2003). *Picea martinezii* se distribuye en la Sierra Madre Oriental entre los paralelos 23° 53' 24"

y 25° 10' 41" de latitud Norte y los meridianos 99° 42' 39" y 100° 07' 37" de longitud Oeste, con altitudes de 1820 y 2515 m.s.n.m. (Cuadro 1) (Figura 9).

Cuadro 1. Ubicación geográfica de las poblaciones de *Picea martinezii* T.F. Patterson en el estado de Nuevo León) (Ledig *et al.*, 2000a).

Población <sup>†</sup>	Cañón el butano	Cañada del Puerto I	Agua Fría	La Tinaja
Propiedad	Ejido La Trinidad	Propiedad privada: Agua de Alardín	Propiedad privada Agua Fría	Ejido la Encantada
Municipio	Montemorelos	Aramberri	Aramberri	Zaragoza
Latitud Norte <sup>¶</sup>	25° 10' 41"	24° 02' 34"	24° 02' 17"	23° 53' 24"
Longitud Oeste <sup>¶</sup>	100° 07' 37"	99° 44' 04"	99° 42' 39"	99° 47' 30"
Elevación (msnm) <sup>¶</sup>	2180	2120	1820	2515
Árboles colectados (rango de conos)	13 ( 5- 10)	11 (10)	13 ( 7 – 10)	8 ( 8 – 10)
Distancia recta entre poblaciones (km) <sup>§</sup>				

<sup>†</sup> Poblaciones ordenadas de Latitud Norte a Sur. <sup>¶</sup> Fuente: Ledig *et al.* (2000a), las Coordenadas geográficas y la altitud fueron tomadas con un receptor GPS (Trailblazer XL, con la unidad NAD27). Las distancias fueron calculados en ArcView<sup>®</sup> GIS 3.3.

### 2.3 Asociación de especie de plantas

*Picea martinezii* crece a orilla de los arroyos en los valles montañosos, donde los niveles de humedad en el suelo son mayores que lo que se esperaría con la escasa lluvia del área. En el Ejido la Trinidad su distribución inicia a los 2,150 m.s.n.m. se asocia con las especies: cornejo (*Cornus urbiniana* Rose), palo verde (*Ilex rubra* S. Watson), encino blanco (*Quercus greggii* (A. DC.) Trel), abeto (*Abies duranguensis var. coahuilensis* (I. M. Johnst.) Martínez), nogal cimarrón (*Carya ovata* Mill) y romerillo (*Taxus globosa* Schlecht) (Patterson, 1988).

Como parte de la riqueza de especies en los bosques donde se distribuye *Picea martinezii* Villalba (2009) encontró 30 especies leñosas algunas de afinidad boreal

como, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Abies vejarii* Martínez, *Abies duranguensis* Martínez var. *coahuilensis* (I.M. Johnst) Martínez, *Picea martinezii* T.F. Patterson. También se encontraron especies de afinidad subtropicales como *Carpinus caroliniana* Walter, *Cornus urbiniana* Rose, *Ilex rubra* S. Watson y *Sambucus nigra* L., de las especies de regiones tropicales se encontraron: *Fagus grandifolia* Ehrh. ssp. *mexicana* Martínez y *Liquidambar styraciflua* L., entre otras. La población de Agua Fría presentó el mayor número de especies (17) seguido por Agua Alardín (15) y por último El Butano y La Encantada (ambas con 12 especies) (Cuadro 2) (Villalba, 2009).

Cuadro 2. Valores de índices de diversidad para las poblaciones de *Picea martinezii* (Villalba, 2009).

Población	No. Sitios	Riqueza de especies		Heterogeneidad		Equitatividad	
		No. Especies	E Rarefacción	(H') Shannon	1-D Simpson	E <sub>1/D</sub>	J'
El Butano	6	12	8.03	3.11	0.864	0.612	0.867
Agua Alardín	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<sub>1/D</sub>= Índice de equitatividad de Simpson. J' = Índice de equitatividad de Shannon

Con respecto a la población de mayor abundancia, La Encantada, (Cuadro 3) a la de menor superficie presentó los valores más altos en abundancia con 1,145 ind/ha, donde las especies representativas son *Abies vejarii* Martínez, *Taxus globosa* Schltld. *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw y finalmente *Picea martinezii* T. F. Patterson.

Cuadro 3. Parámetros de las especies en la población de La Encantada, Zaragoza, Nuevo León (Villalba, 2009).

Especies	N ha <sup>-1</sup>	N ha %	Cobertura m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Cobertura %
<i>Ab ve</i>	283	24.7%	4658	25.7%
<i>Ar xa</i>	8	0.7%	41	0.2%
<i>Ca ca</i>	18	1.6%	170	0.9%
<i>Co fl</i>	8	0.7%	133	0.7%
<i>Pi ay</i>	181	15.8%	2626	14.5%
<i>Pi ma</i>	161	14.1%	2415	13.3%
<i>Pi te</i>	18	1.6%	74	0.4%
<i>Ps me</i>	20	1.7%	481	2.7%
<i>Qu gr</i>	58	5.1%	1500	8.3%
<i>Qu sp</i>	85	7.4%	2392	13.2%
<i>Que la</i>	40	3.5%	542	3.0%
<i>Ta gl</i>	265	23.1%	3070	17.0%
Total	1145	100.0%	18100	100.0%

N ha<sup>-1</sup>= Abundancia por hectárea; N ha %=abundancia relativa por hectárea; Cobertura m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>=cobertura de copa por hectárea en metros cuadrados; Cobertura %= cobertura relativa en porcentaje. *Abies vejarii* 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 sp*= *Quercus sp*; *Qu gr*= *Quercus greggii* (A.DC.) Trel.; *Qu la*= *Quercus laurina* Humb. & Bonpl; *Ta gl*= *Taxus globosa* Schltdl.

En el orden de abundancia poblacional sigue El Butano, que presentó 910 ind/ha, las especies más abundantes (Cuadro 4) son: *Sambucus nigra*, *Abies durangensis* var. *coahuilensis*, *Ilex rubra*, *Picea martinezii* y *Taxus globosa*. Estas especies representan más del 75% de la abundancia por ha<sup>-1</sup>. Las que integran menos del 25% de abundancia en la población son *Juglans mollis*, *Garrya laurifolia* ssp. *macrophylla*, *Quercus sp*, *Carpinus caroliniana*, *Crataegus baroussana*, *Prunus serotina*, y por último *Cornus urbiniana* Rose (Villalba, 2009).

Cuadro 4. Parámetros de las especies en la población de El Butano, Montemorelos, Nuevo León según (Villalba, 2009).

Especies	N ha <sup>-1</sup>	N ha %	Cobertura m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Cobertura %
<i>Ab du</i>	178	19.6%	3934	22.1%
<i>Ca ca</i>	23	2.5%	642	3.6%
<i>Co fl</i>	7	0.8%	551	3.1%
<i>Cr ba</i>	21	2.3%	554	3.1%
<i>Ga la</i>	40	4.4%	911	5.1%
<i>Il ru</i>	132	14.5%	1083	6.1%
<i>Ju mo</i>	73	8.0%	1885	10.6%
<i>Pi ma</i>	108	11.9%	2989	16.8%
<i>Pr se</i>	15	1.6%	177	1.0%
<i>Qu sp</i>	33	3.6%	496	2.8%
<i>Sa ni</i>	187	20.5%	2349	13.2%
<i>Ta gl</i>	93	10.2%	2232	12.5%
Total	910	100.0%	17802	100.0%

N ha<sup>-1</sup>= Abundancia por hectárea; N ha %= abundancia relativa por hectárea; Cobertura m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>= cobertura de copa por hectárea en metros cuadrados; Cob. %= cobertura relativa. *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; *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.

El tercer lugar en abundancia fue Agua Alardín con 520 individuos ha<sup>-1</sup>, las especies que representan más del 77% de abundancia (Cuadro 5) son: *Quercus sideroxylla* H.B.K. *Ilex rubra*, *Abies sp*, *Picea martinezii*, *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana*, *Pinus teocote* y *Quercus sp*, y por último *Carpinus caroliniana*. Las especies menos abundantes con menos del 23 % de abundancia se tiene *Cornus urbiniana*, *Quercus laeta*, *Tilia americana*, *Pinus estevezii*(Martínez) J.P. Perry, siguen con igual abundancia *Arbutus xalapensis* y *Taxus globosa*, y por último *Sambucus nigra* (Villalba, 2009).

Cuadro 5. Parámetros de las especies en la población de Agua Alardín, Aramberri, Nuevo León (Villalba, 2009).

Especies	N ha <sup>-1</sup>	N ha %	Cobertura m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Cobertura %
<i>Ab sp</i>	50	9.6%	437	4.8%
<i>Ar xa</i>	10	1.9%	128	1.4%
<i>Ca ca</i>	35	6.7%	779	8.6%
<i>Co fl</i>	28	5.4%	296	3.3%
<i>Fa gr</i>	38	7.3%	184	2.0%
<i>Il ru</i>	66	12.7%	1061	11.8%
<i>Pi es</i>	18	3.5%	373	4.1%
<i>Pi ma</i>	41	7.9%	1353	15.0%
<i>Pi te</i>	38	7.3%	1654	18.4%
<i>Qu la</i>	25	4.8%	237	2.6%
<i>Qu si</i>	95	18.3%	1063	11.8%
<i>Qu sp</i>	38	7.3%	543	6.0%
<i>Sa ni</i>	8	1.5%	35	0.4%
<i>Ta gl</i>	10	1.9%	217	2.4%
<i>Ti am</i>	20	3.8%	654	7.3%
Total	520	100.0%	9015	100.0%

N ha<sup>-1</sup>= Abundancia por hectárea; N ha %= abundancia relativa por hectárea; Cobertura m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>= cobertura de copa por hectárea en metros cuadrados; Cob. %= cobertura relativa. *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.

La menor abundancia la presentó Agua Fría con un total de 395 individuos ha<sup>-1</sup> (Cuadro 6). En esta población dentro del 78% de abundancia se tiene a seis especies que en orden de abundancia son *Picea martinezii*, *Abies sp*, *Ilex rubra*, *Quercus laurina*, *Carya ovata* y *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana*. Las especies con abundancia menor al 22% son *Carpinus caroliniana*, *Taxus globosa*, *Pinus estevezii*, *Sambucus nigra*, *Liquidambar styraciflua*, *Crataegus baroussana*, morfoespecie 3, y *Prunus serotina* Ehrh. var. *serotina*, morfoespecie 1, morfoespecie 2 y *Tilia americana* (Villalba, 2009).

Cuadro 6. Parámetros de las especies de la población de Agua Fría, Aramberri, Nuevo León (Villalba, 2009).

Especies	N ha <sup>-1</sup>	N ha %	Cobertura m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup>	Cobertura %
<i>Ab sp</i>	70	17.7%	1080	10%
<i>Ca ca</i>	19	4.8%	978	9%
<i>Ca ov</i>	29	7.3%	572	5%
<i>Cr ba</i>	4	1.0%	86	1%
<i>Fa gr</i>	20	5.1%	787	7%
<i>Il ru</i>	52	13.2%	905	8%
<i>Li st</i>	6	1.5%	307	3%
Morfoespecie 1	1	0.3%	77	1%
Morfoespecie 2	1	0.3%	70	1%
Morfoespecie 3	3	0.8%	168	2%
<i>Pi es</i>	15	3.8%	362	3%
<i>Pi ma</i>	99	25.1%	2875	26%
<i>Pr se</i>	1	0.3%	36	0%
<i>Qu la</i>	40	10.1%	1650	15%
<i>Sa ni</i>	15	3.8%	274	3%
<i>Ta gl</i>	19	4.8%	588	5%
<i>Ti am</i>	1	0.3%	121	1%
Total	395	100%	10938	100%

N ha<sup>-1</sup>= Abundancia por hectárea; N ha %= abundancia relativa por hectárea; Cobertura m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>= cobertura de copa por hectárea en metros cuadrados; Cob. %= cobertura relativa. *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* (Martínez) J.P 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* Schltl.; *Ti am*= *Tilia americana* L.

Si se considera que el 78% es alrededor de las tres cuartas 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, Agua Alardín 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 sp* no es abundante en todas las poblaciones ya que solamente *Pinus teocote* en Agua Alardín y *Pinus ayacahuite var. brachyptera* de las especies que están dentro del 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 (Villalba, 2009).

## 2.4 Factores del medio ambiente

### 2.4.1 Altitud

*Picea martinezii* crece en altitudes moderadas desde los 1,180 a 2,515 m.s.n.m., siendo la población de Agua Fría la que se encuentra en elevaciones menores y la del Butano la que se encuentra en elevaciones superiores a las otras tres poblaciones (Ledig *et al.*, 2000a).

### 2.4.2 Geología

Los Litosoles son suelos delgados, su espesor es menor de 10 cm, descansa sobre un estrato duro y continuo, tal como roca, tepetate o caliche el cual puede sustentar cualquier tipo de vegetación, de acuerdo al uso potencial del suelo puede ser forestal, ganadero y excepcionalmente agrícola siendo el segundo más abundante en los suelos de México (INEGI, 2011).

### 2.4.3 Suelo

En los bosques de *Picea martinezii* el tipo de suelo dominante es el Litosol (Figura 10) se caracterizan por ser suelos someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos, este tipo de suelos son azonales y comunes en regiones montañosas. Suelos someros con varios tipos de roca continua o de materiales no consolidados con menos de 20% (en volumen) de tierra fina, en ambientes principalmente tierras en altitud media o alta con topografía disectada, los Litosoles se encuentran en todas las zonas climáticas, en particular en áreas erosionadas. (IUSS Grupo de trabajo WRB, 2007).

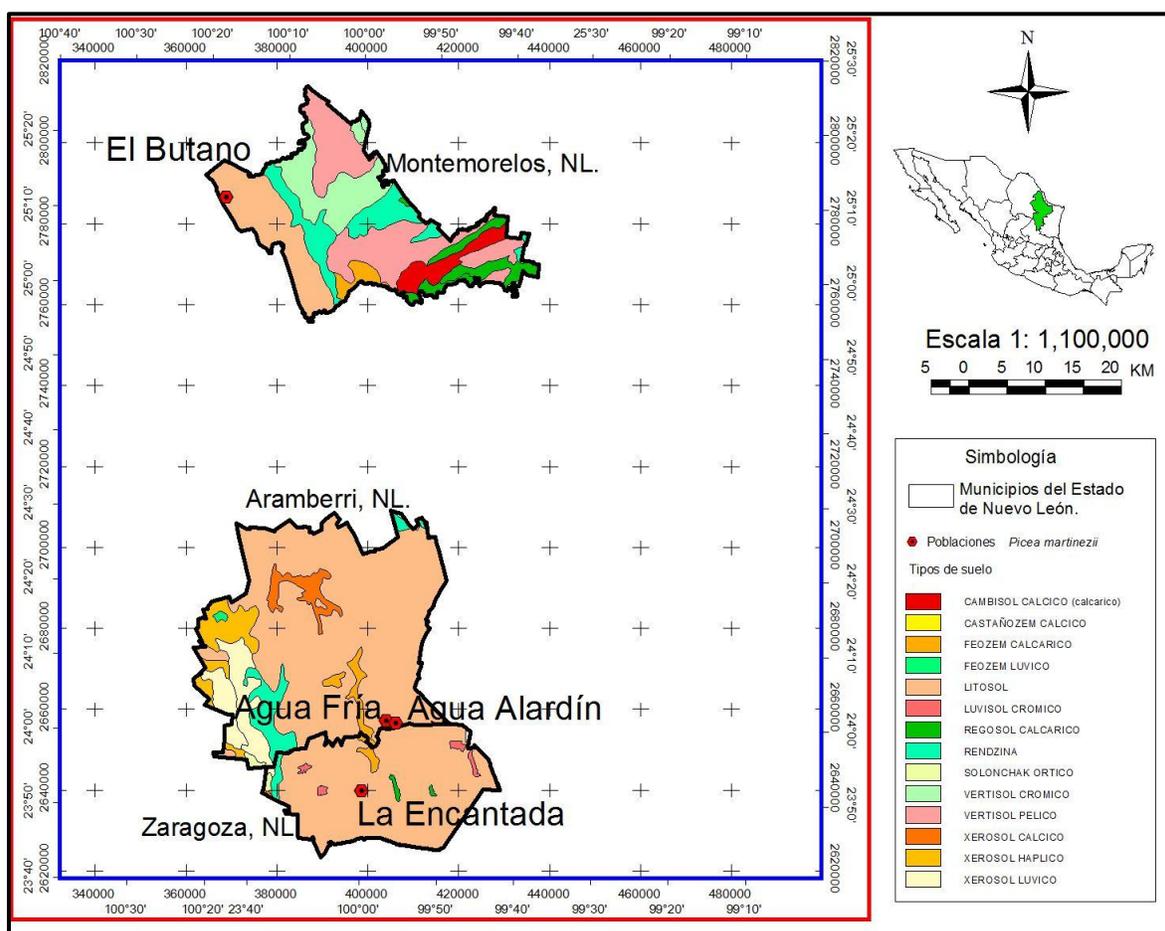


Figura 10. Mapa de distribución de suelos en las poblaciones de *Picea martinezii* T.F. Patterson en el Estado de Nuevo León.

Los Litosoles son suelos superficiales poco desarrollados, con un contacto lítico (límite entre el suelo y un material rocoso subyacente continuo y coherente) a 30 cm o menos de profundidad y tienen un perfil de tipo argico. Es frecuente la presencia de gravas o fragmentos mayores, es común la existencia de afloramientos rocosos y o piedras o rocas sueltas en la superficie del suelo (INEGI, 2011).

#### 2.4.4 Clima

El clima que domina en las poblaciones de *Picea martinezii* es diferente y solo las poblaciones de Agua Alardín y Agua Fría presentan el mismo clima (Figura 11) debido a la cercanía de las poblaciones ya que estas se encuentran en un microrrelieve similar presenta un clima de acuerdo a García y CONABIO (1998) de tipo C (w<sub>2</sub>) que es un clima templado subhúmedo.

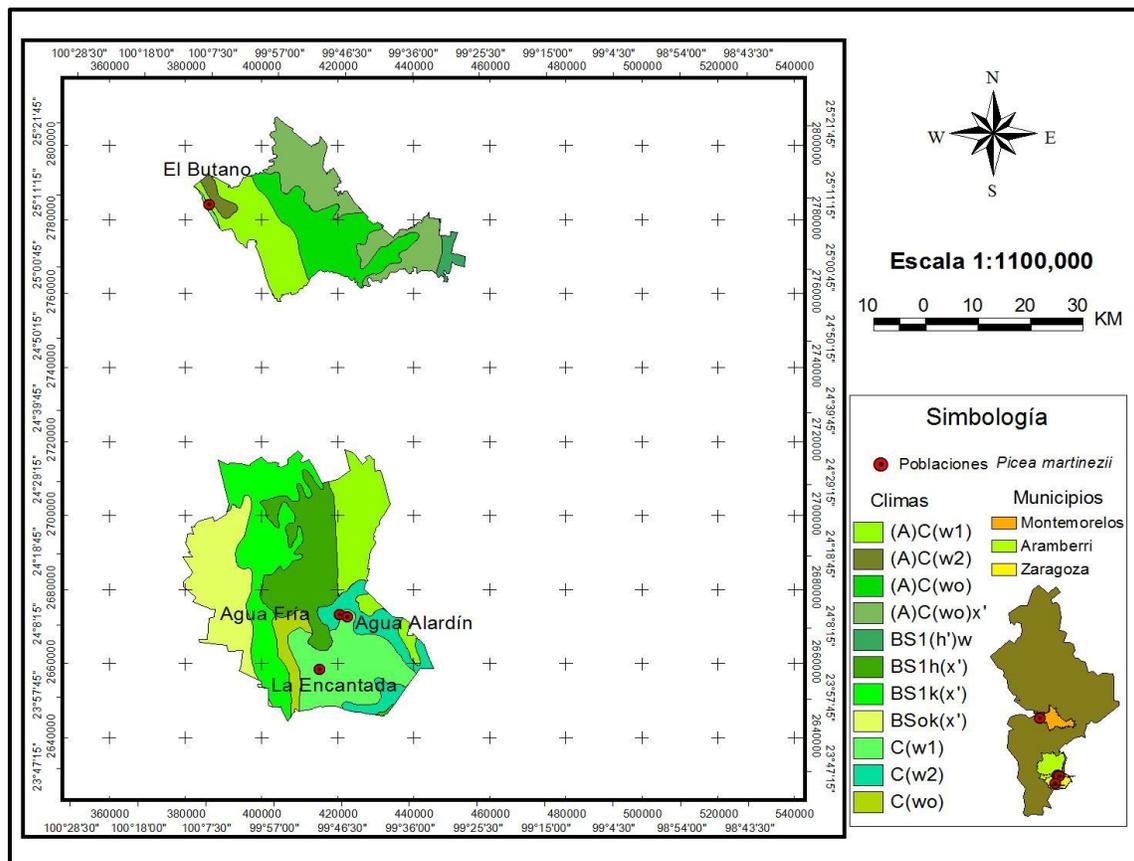


Figura 11. Mapa de climas en poblaciones de *Picea martinezii* T.F. Patterson en el Estado de Nuevo León.

La temperatura media anual oscila entre 12°C y 18°C (Figura 12) y con una temperatura del mes más frío entre los -3°C y 18°C y con una temperatura del mes más caliente por debajo de los 22°C; lo indica que la temperatura dominante es semicálida (Vidal-Zepeda, 1990a) así mismo la precipitación media anual es de 600-800 mm (Figura 13) en donde el mes más seco es de 40 mm con lluvias de verano con índice de P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual (Vidal-Zepeda, 1990b).

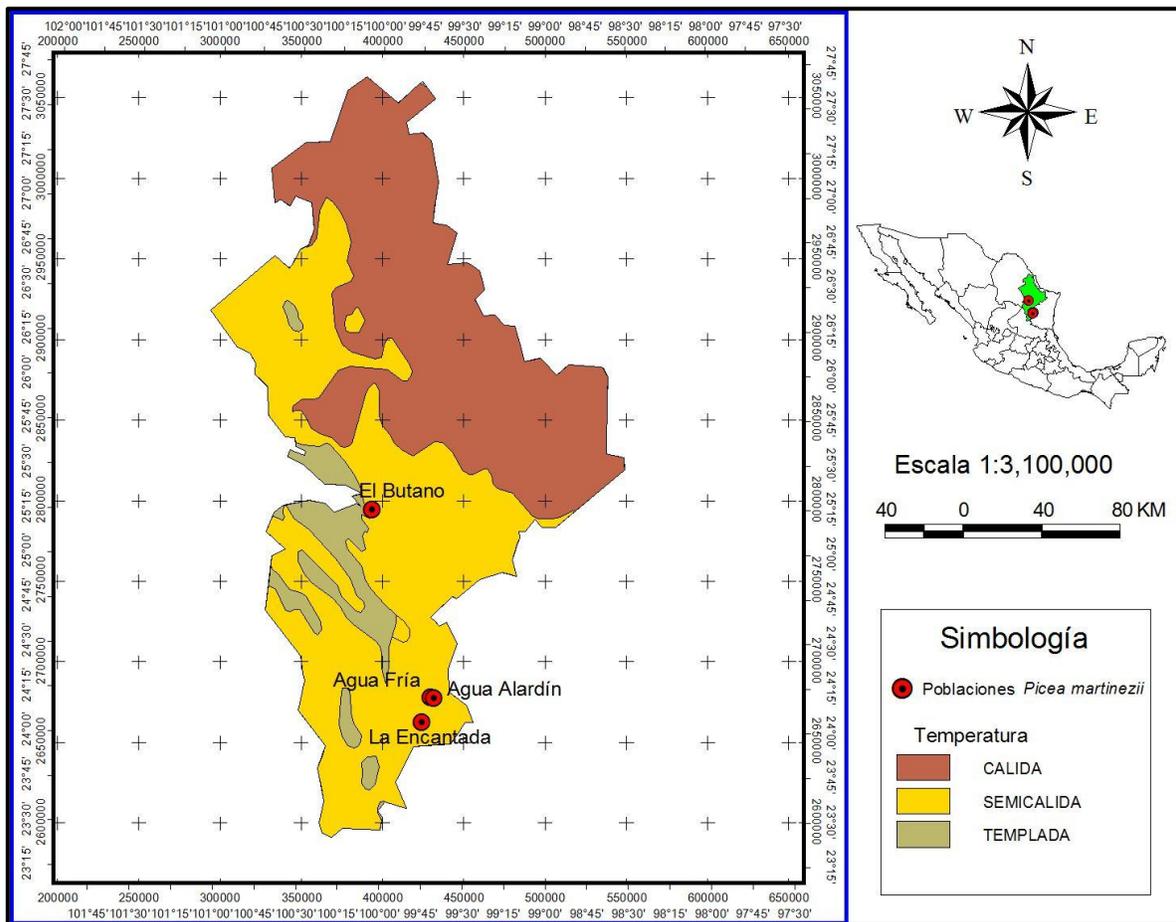


Figura 12. Mapa de Temperaturas en poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en el Estado de Nuevo León.

Para la población de La Encantada el clima es C(w1) templado subhúmedo (Figura 11) con temperatura media anual entre 12°C y 18°C la temperatura del mes más frío oscila entre 3°y18°C; la temperatura del mes más caliente por debajo de los22°C perteneciente a una temperatura semicálida (Figura 12)(Vidal-Zepeda,

1990a). Este clima presenta una precipitación media anual de 600-800 mm (Figura 13). En el mes más seco menor a los 40 mm con lluvias de verano e índice de P/T entre 43.2 y 55, el porcentaje de lluvias en invierno del 5 al 10% del total anual siendo muy parecido con el clima de las poblaciones de Agua Fría y Agua Alardín que solo cambia en los rangos de precipitación en las lluvias de verano (García y CONABIO, 1998 y Vidal-Zepeda, 1990b).

En la población El Butano, ubicada en el extremo norte de su distribución y que más alejada de las otras tres poblaciones presenta un clima (A)C(w1) (Figura 11) que pertenece al semicalido subhúmedo del grupo de los “C”, con una temperatura media anual mayor de 18°C, la temperatura del mes más frío menor a 18°C y la del mes más caliente mayor a 22°C, perteneciente a la semicálida (Figura 12) (García y CONABIO, 1998) y (Vidal-Zepeda, 1990a).

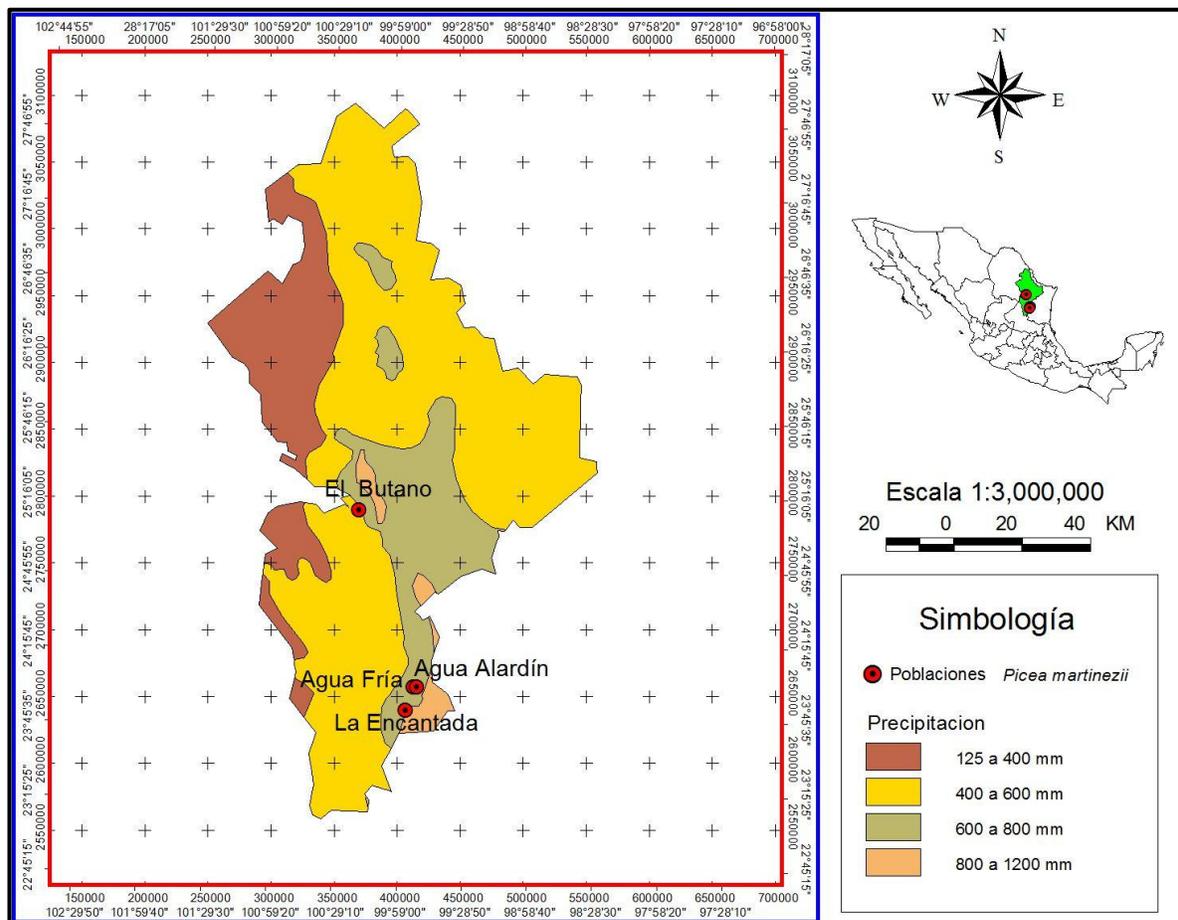


Figura 13. Mapa de precipitaciones en poblaciones de *Picea martinezii* T.F. Patterson en el Estado de Nuevo León.

La precipitación media anual es de 400-600 mm (Figura 13) la del mes más seco es menor de 40 mm y las lluvias de verano con índices de P/T 43.2 y 55, porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% anual, siendo una de las poblaciones con temperaturas más cálidas en comparación con las tres poblaciones que están más al sur del estado de Nuevo León (Vidal-Zepeda1990b).

## 2.5 Factores físicos y biológicos

### 2.5.1 Plagas y enfermedades

Actualmente no hay estudios que identifiquen plagas en *Picea martinezii*, sin embargo pudiera ser que esta especie sea afectada por una mosca que ataca a *Picea chihuahuana* y *Pseudotsuga menziessii*, ya que se distribuye en el estado de Chihuahua, Coahuila, Durango y Nuevo León. De acuerdo a visitas de campo y evidencias fotográficas, posiblemente es *Adelges cooleyi* Gillette, una homoptera de la familia Adelgidae que ataca al género *Picea* y le causa la muerte de brotes terminales. La principal evidencia es la formación de agallas parecidas a conos (Figura 14), esta plaga no tiene manejo en rodales naturales. Además reduce la tasa de crecimiento y es probable que este limitando la capacidad reproductiva de la especie (Cibrián *et al.*, 1995).



Figura 14. Daños causados por plagas en *Picea martinezii* de la familia (*Adelgidae*) en poblaciones de Agua Fría Municipios de Aramberri, Nuevo León (Fotografía tomada por: C. Flores L., 10 de junio del 2006).

Para el caso de *Picea martinezii* no existen reportes de plagas o enfermedades que la ataquen, solo mamíferos depredadores de conos, como las ardillas, al igual que *P. chihuahuana*.

Se ha detectado que *Picea chihuahuana* es susceptible al ataque de larvas de lepidópteras, de la familia *Phalaemidae*, que barrena la parte central del cono y puede influir en la viabilidad de la semilla. Actualmente los estudios en este insecto están enfocados en determinar su especie y ciclo biológico y posteriormente determinar el efecto sobre la viabilidad de la semilla. El principal daño detectado es la presencia de un hongo de la madera, que se manifiesta en su pudrición. Actualmente se analizan las muestras para determinar la especie causante de la enfermedad y desarrollar el método de prevención y combate. Esta enfermedad se ha detectado en un 25 a 30% de los ejemplares muestreados. Otra que se ha encontrado es la presencia de un cáncer que provoca hipertrofia del fuste, su incidencia es baja ya que solo se ha detectado en un individuo (Sánchez, 1984).

En cuanto a plagas, en *Picea chihuahuana* se ha detectado una palomilla del género *Laspeyresia sp*, cuyas larvas barrenan el cono y la semilla, calculando que un 88% de los conos del árbol son afectados, dañando un 22% de las semillas, el estado larval de *Cydia phyllisi* Miller es el que afecta directamente a la semilla, estando ligado con la época de su maduración, la larva se alimenta de semillas de *P. chihuahuana* en la estación de verano en los meses de julio y agosto. En relación a las enfermedades se han encontrado hongos ficomicetes entre ellos, los géneros *Alternaria* y *Nigriospora*, causantes de la pudrición de la madera en un 40% del arbolado adulto. Otro agente que está incidiendo la producción de semilla son las ardillas del género *Sciurus sp.*, la cual se alimenta de esta (Narváez *et al.*, 1983).

### 2.5.2 Otros factores

Esta especie es afectada por varios factores, que son de tres tipos, el primero, inherente a la dinámica de poblaciones, como es la competencia entre las

especies, el segundo por plagas y enfermedades y el tercero por las actividades humanas (Sánchez, 1984). Este último se tiene la tala clandestina, ya que algunos árboles presentan heridas por cortes realizados para calarlos (Figura 15) y así determinar si son funcionales para la elaboración de tejamanil o tabletas, lo que ocasiona que presenten marcas en el fuste teniendo así una marca que comienza con su pudrición.

De acuerdo a un estudio dendrocronológico para la reconstrucción climática realizado en la Sierra Madre Oriental, indica que las sequías más severas en la región de Saltillo y Sierra de Arteaga, tiene una ocurrencia cíclica de cada 100 años, lo que ha afectado los recursos naturales por la escasez de agua, con el aumento de la temperatura y disminución de la humedad (Ceranom, 2004).



Figura 15. Daños al arbolado de *Picea martinezii* por actividades humanas (Fotografía tomada por: C. Flores L., 11 de junio del 2006).

El ataque de las ardillas del género *Sciurus sp* que ataca los conos del género *Picea* en busca de semillas (Figura 16) provocando la destrucción del cono perdida de la semilla, lo que disminuye el número de semillas que podrían germinar y establecer así la regeneración natural de la especie.



Figura 16. Conos de *Picea martinezii* afectados por el ataque de ardillas (Fotografía tomada por: C. Flores L., 17 de agosto del 2006).

## 2.6 Características de uso de la madera

El género *Picea* incluye especies maderables en Norteamérica y Eurasia y tiene varios usos, entre los más sobresalientes son la obtención de madera para pulpa para papel, construcción y la fabricación de instrumentos (Sánchez y Narváez., 1985).

### 3 PRODUCCIÓN DE PLANTA EN VIVERO

#### 3.1 Propagación

##### 3.1.1 Propagación sexual

En un estudio realizado por López (2007) encontró que el potencial de semillas promedio de las cuatro poblaciones de *Picea martinezii* fue de 266 semillas por cono, de las cuales los valores más bajos se presentaron en el Cañón El Butano con 254 semillas por cono, Agua Fría con 255 semillas por cono y la Tinaja con 261 semillas por cono. El valor más alto y diferente al resto de las poblaciones se obtuvo en cañada del Puerto I con un promedio de 294 semillas por cono (Figura 17).

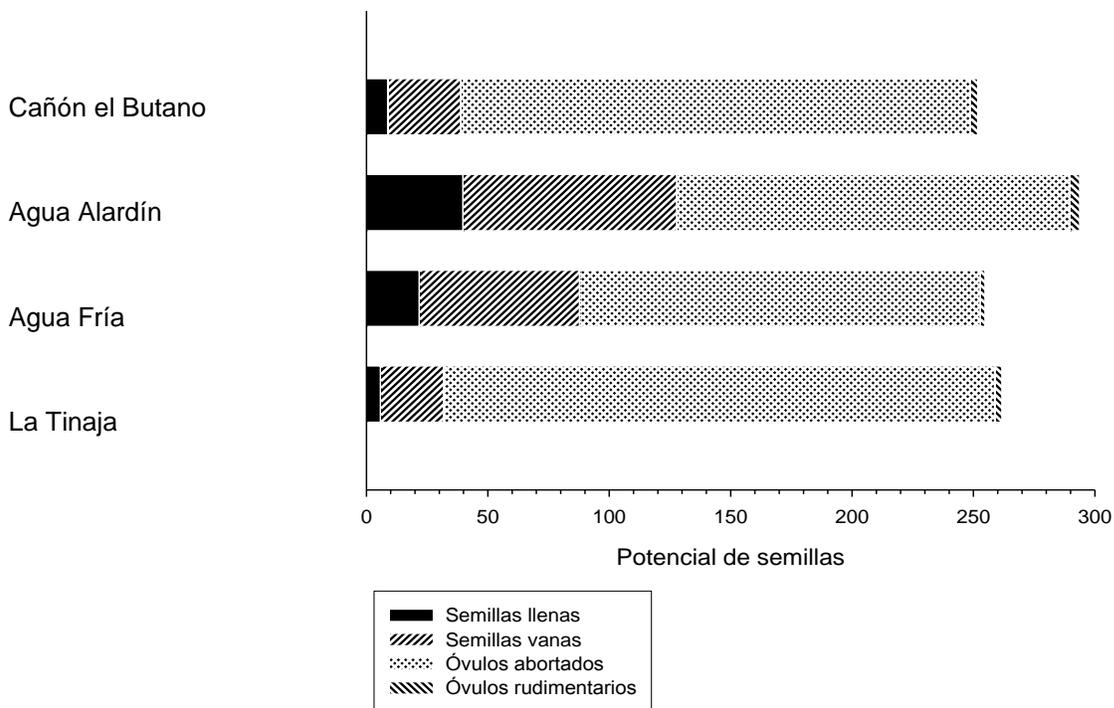


Figura 17. Producción y pérdida de semillas de cuatro poblaciones naturales de *Picea martinezii* T.F. Patterson (López, 2007).

López (2007) encontró una eficiencia de semillas promedio de 7% en las cuatro poblaciones de *Picea martinezii*, donde el porcentaje más bajo de eficiencia se presentó en la población La Tinaja con 2%, lo que difiere para los valores de porcentaje más altos de eficiencia de las cuatro poblaciones, presentándose: Agua Fría con 8% y Cañada del Puerto I con 13%. La cantidad de semillas llenas producidas por cono es inferior al potencial de semillas, esto a causa de que durante el proceso reproductivo parte de los óvulos abortan (Figura 17).

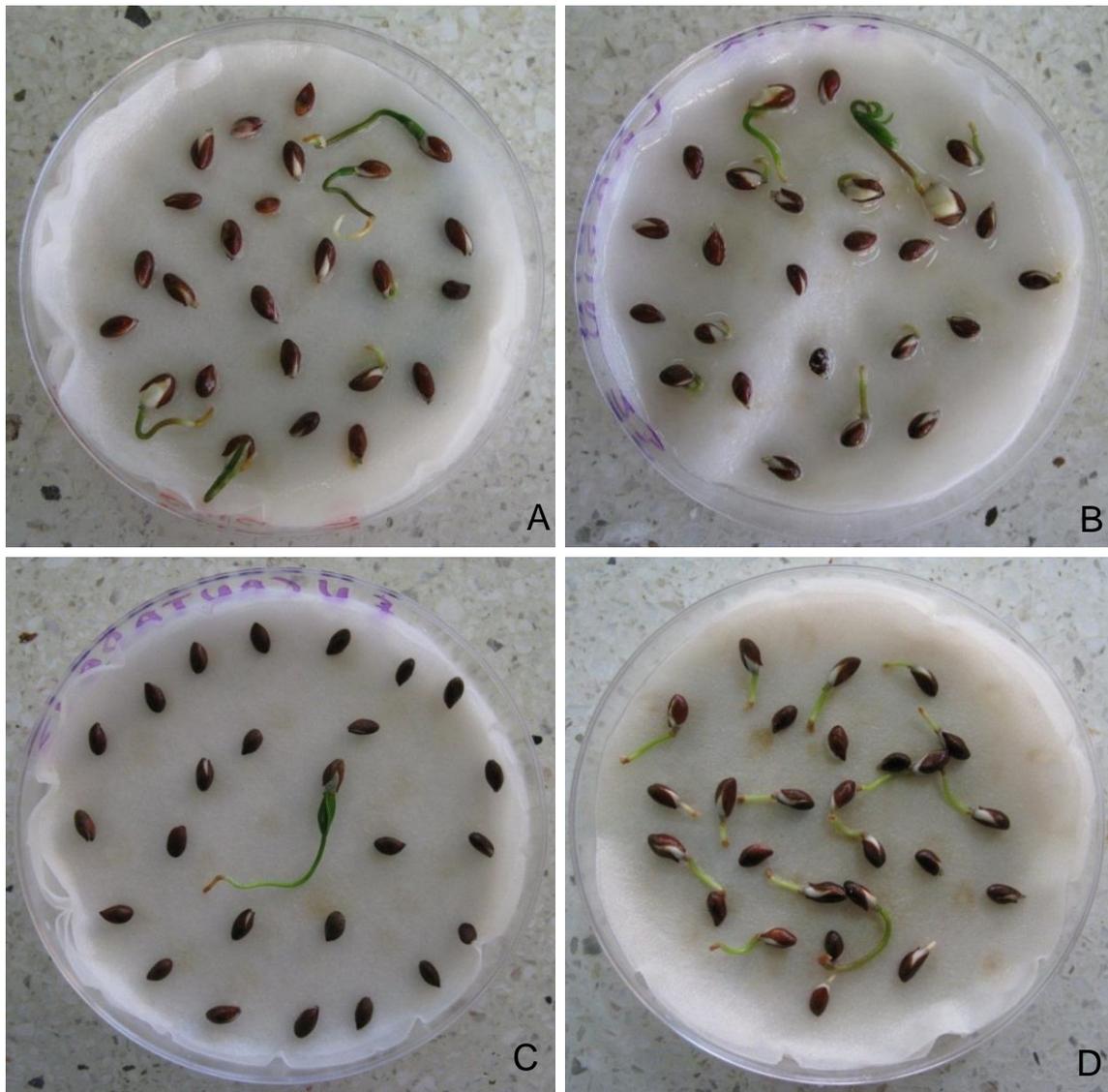


Figura 18. Germinación de semillas de *Picea martinezii* de las localidades (A) Agua Alardín (B) Agua Fría (C) La Encantada y (D) El Butano, semillas germinadas en laboratorio en un ambiente controlado (Fotografías tomadas por: C. Flores L., 12 de diciembre del 2010).

Una gran cantidad de semillas se pierde por óvulos abortados, óvulos rudimentarios y semillas vanas, lo que representa pérdidas por endogamia de alrededor del 75% ya que las poblaciones son pequeñas y por lo tanto, es probable que no exista una adecuada polinización cruzada. Su porcentaje de entrecruzamiento y el nivel medio de heterocigotos son menores que los reportados para la mayoría de las especies emparentadas (CONABIO-CONANP, 2009).

Se han realizado trabajos de propagación en condiciones de germinación controlada en laboratorio, donde se utilizaron cajas petri de 10 cm de diámetro con papel filtro, la semilla se colectó ocho años atrás, se realizaron cuatro repeticiones de cada población de 25 semillas, 100 semillas por población. Inicialmente se remojó la semilla con agua oxigenada al 3% durante media hora para eliminar la posibilidad de hongos y se utilizó agua destilada como riego saturando solamente el papel filtro; se evaluaron alrededor de 20 días, la germinación de las plántulas, la cual se puede observar en la (Figura 18). Asimismo, se evaluó el número de plántulas germinadas tanto normales como anormales (Figura 19) (Com. Pers. Flores López Celestino, 2012).



Figura 19. Plántulas de *Picea martinezii* (A) normales y (B) anormales (Fotografía tomada por: C. Flores L., 12 de diciembre del 2010).

## 4 MANEJO SILVÍCOLA

### 4.1 Regeneración

De acuerdo con Villalba (2009) de las especies arbóreas presentes en las cuatro poblaciones de *Picea martinezii*, 15 presentaron regeneración. *Abies sp*, *Picea martinezii*, y *Taxus globosa* presentaron regeneración en todas las poblaciones, por su parte, *Fagus grandifolia ssp. mexicana*, *Pinus sp.* y *Quercus sp.* en más de una población, las demás sólo presentaron regeneración en una sola población. *Fagus grandifolia ssp. mexicana* y *Abies sp* presentaron los valores más altos al sobrepasar los 1000 ind/ha con alturas menores a 0.5 m. La mayor regeneración de *Picea martinezii* (Figura 20) se encontró en El Butano con más de 200 ind/ha con altura media de 2 m (Figura 21), y se encontraron individuos con altura menor a 0.5 m en casi todas las poblaciones sólo a excepción de La Encantada donde los individuos a partir de 1.5 m de altura integrantes del renuevo (Villalba, 2009).

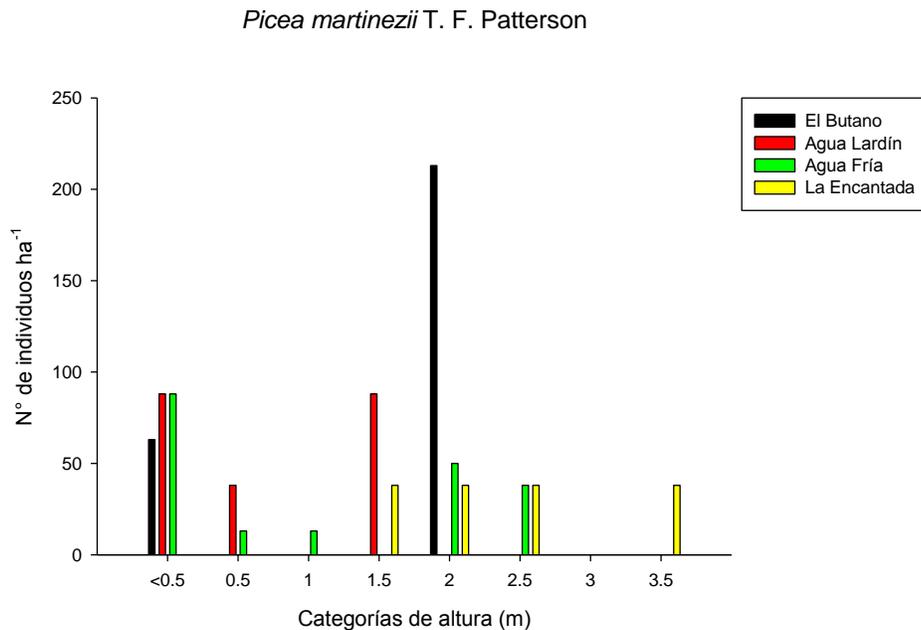


Figura 20. Regeneración natural de *Picea martinezii* en el estado de Nuevo León (Villalba, 2009).



Figura 21. Regeneración natural de *Picea martinezii* en la población de Agua Fría en el municipio de Aramberri, Nuevo León (Fotografías tomadas por: C. Flores L., 20 de Mayo del 2005).

#### 4.2 Estructura y composición de rodales de *Picea martinezii*.

De acuerdo a los resultados de Villalba (2009) los valores de cobertura son variables por especie, sin embargo, en Agua Fría sobresale *Picea martinezii* con una cobertura de  $2875 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . 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 con  $4.2998 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . El diámetro promedio mayor por población lo presentó Agua Fría con 24.3 cm, seguido por Agua Alardín 23.6 cm, El Butano 21.1 cm y por último La Encantada con 15.8 cm y también esta población presentó el mayor diámetro normal promedio (en lo sucesivo DN) entre

poblaciones 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 DN  $\geq$  20 cm. Agua Alardín registró los segundos diámetros más altos por especie por población con un total de 10 especies con DN  $\geq$  20 cm; dentro de éstos *Pinus estevezii* sobresalió con un DN de 34 cm. En el orden sigue El Butano con nueve especies con DN  $\geq$  20 cm y *Quercus sp* con DN de 34.2 cm presentó el mayor diámetro. Por último La Encantada mostró sólo tres especies con DN  $\geq$  20 cm, dentro de éstos sobresale *Quercus sp* con DN de 30.74 cm.

La altura promedio por población es de 10 m en adelante. La mayor altura la presentó Agua Fría con 14.6 m, seguido por Agua Alardín 13.8 m, El Butano 13.2 m y por último La Encantada con 10.0 m. La población con mayor altura promedio de las poblaciones de *Picea martinezii* fue Agua Fría con *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* con 27.3 m en Agua Fría. Seguido de Agua Fría, Agua Alardín presentó a *Fagus grandifolia* ssp. *mexicana* con 22.7 m de altura en la población de El Butano la especie con mayor altura fue *Quercus sp* con 20.9 m y por último las menores alturas se presentan en La Encantada y dentro de ésta población la mayor altura la registró *Pseudotsuga menziesii* con 18.3 m (Villalba, 2009).

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. En donde se evaluó la estructura vertical, en los sitios se evaluó en tres estratos de altura contra el número de árboles y contra (g) por ha, y se encontró que la población que presentó mayor abundancia fue La Encantada con 1145 ind/ha seguido por El Butano (910), Agua Alardín (520) y al final Agua Fría (395).

La población de mayor abundancia es, La Encantada, a pesar de ser la población con menor superficie, donde las especies presentes son *Abies vejarii* Martínez con 283 ind/ha, seguida por *Taxus globosa* Schltld. (265), *Pinus ayacahuite* var.

*brachyptera* Shaw (181) y finalmente *Picea martinezii* T.F. Patterson (161), estas cuatro especies representan el 77.8% de la abundancia total de la población. El restante 22.2% corresponde al género *Quercus*, y las especies *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Carpinus caroliniana* Walter, *Pinus teocote* Schltdl. et Cham., *Arbutus xalapensis* Kunth. y *Cornus urbiniana* Rose. (Villalba, 2009)

En el orden de abundancia por población sigue El Butano, que presentó 910 ind/ha, en esta población la más abundante es *Sambucus nigra* con 187 ind/ha, *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<sup>-1</sup> en la población. Las especies que integran menos del 25% de abundancia en la población son *Juglans mollis* con 73 ind/ha<sup>-1</sup>, *Garrya laurifolia* ssp. *macrophylla* (40), *Quercus* sp (33), *Carpinus caroliniana* (23), *Crataegus baroussana* (21), *Prunus serotina* (15), y por último *Cornus urbiniana* (7) (Villalba, 2009).

El tercer lugar en abundancia total fue Agua Alardín con 520 ind/ha, las especies que representan más del 77% de abundancia en orden son *Quercus sideroxylo* con 95 ind/ha, 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 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) (Villalba, 2009).

La menor abundancia la presentó Agua Fría con un total de 395 ind/ha. 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  $\text{ha}^{-1}$ . 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 ind/ha se presenta *Prunus serotina* Ehrh. var. *serotina*, morfoespecie 1, morfoespecie 2 y *Tilia americana* (Villalba, 2009).

#### 4.3 Crecimiento y rendimiento

En la Figura 22 se muestran las curvas ajustadas por población, donde se aprecia que el crecimiento en altura comienza de manera lenta antes de los 25 años, casi sin notarse, y de forma exponencial entre los 25 y los 75 años sin llegar a estabilizarse, lo que podría significar que aún no ha culminado su crecimiento. La explicación más razonable de la respuesta de los primeros años, es debido a que no se tienen información de árboles menores a 24 años de edad (Gómez, 2007).

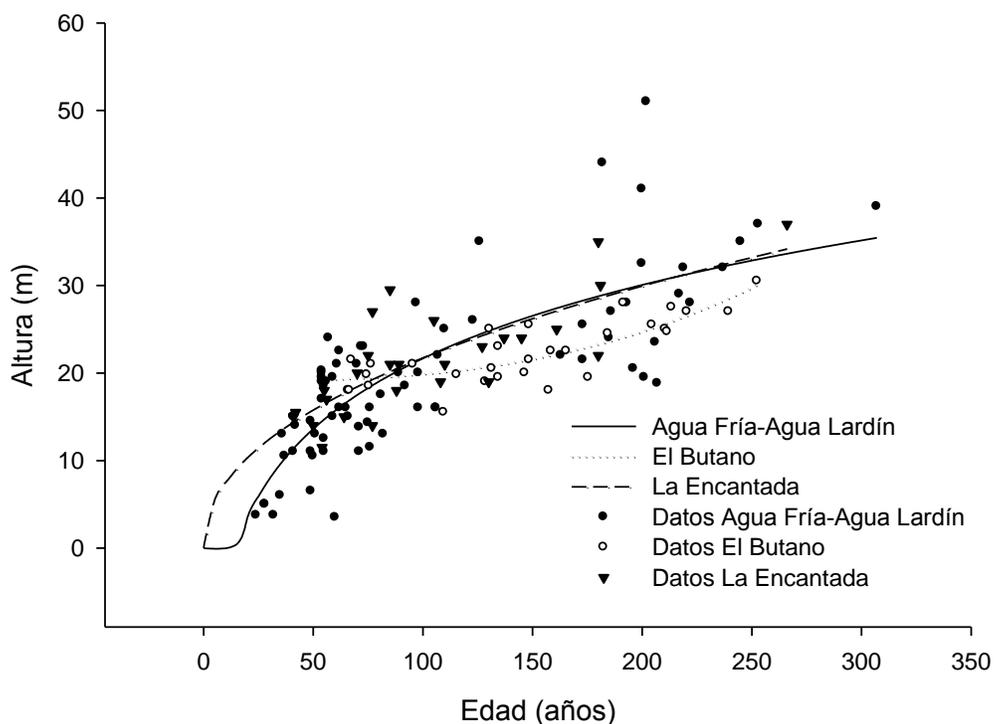


Figura 22. Curvas ajustadas de la relación edad-altura de las tres poblaciones de *Picea martinezii* T.F. Patterson (Gómez, 2007).

De acuerdo a Gómez (2007) la curva de El Butano muestra que el ritmo de crecimiento es lento desde los primeros años, pero conforme avanza la edad, este se incrementa de forma exponencial sin llegar a presentar curva de inflexión después de los 250 años, por lo que esta curva sugiere que el crecimiento en altura continua, después de ese año con un ritmo de crecimiento alto. No se forma la curva sigmoideal propia del crecimiento en altura, por la falta de valores menores a los 50 años, y mayores a los 250 años. La curva de La Encantada denota un crecimiento rápido antes de llegar a los 50 años, posteriormente este ritmo de crecimiento se reduce para proseguir con un ritmo más lento sin llegar a estabilizarse después de los 300 años (Gómez, 2007).

Las curvas ajustadas de Gómez (2007) en altura de las poblaciones de *Picea martinezii* (Figura 22) muestran que la respuesta en el crecimiento en altura entre la población de Agua Fría-Agua Alardín y La Encantada pudiera haber similitud en el crecimiento, además, se puede notar que el crecimiento de La Encantada alcanza mayores alturas a tempranas edades que la población de Agua Fría-Agua Alardín. En el caso de la población El Butano, el crecimiento es distinto de las otras poblaciones (Gómez, 2007).

En la Figura 23 se muestra las curvas ajustadas en diámetro normal por población. La curva ajustada de Agua Fría-Agua Alardín los crecimientos son lentos en los primeros años, después entra a un estado de rápido crecimiento, pero conforme avanza la edad va disminuyendo proporcionalmente, casi siguiendo una línea recta sin llegar a estabilizarse después de los 300 años, lo que significa que su crecimiento posterior a ese año sigue (Gómez, 2007).

La curva ajustada de Gomes (2007) para la población El Butano denota que el crecimiento es lento antes de los 150 años, posteriormente se dispara sin tener punto de inflexión después de los 250 años. Se desconoce el crecimiento antes de la edad de 66 y mayor a los 270 años, debido a la ausencia de datos, además, se logra ver que los datos están dispersos, esto pudiera explicar que el crecimiento

en diámetro sigue un patrón dependiendo de la calidad de sitio en la que se desarrolle, pues se sabe que el crecimiento en diámetro está más influenciado por los factores ambientales que el crecimiento en altura (Gómez, 2007).

En la población de La Encantada los crecimientos son lentos desde los primeros años y conforme avanza el ritmo de crecimiento se va acelerando de forma exponencial sin llegar a presentarse ninguna curva de inflexión después de los 250 años, esto indica que el crecimiento en diámetro aún no ha culminado, y tal vez después de esos años podría disminuir ese ritmo (Gómez, 2007).

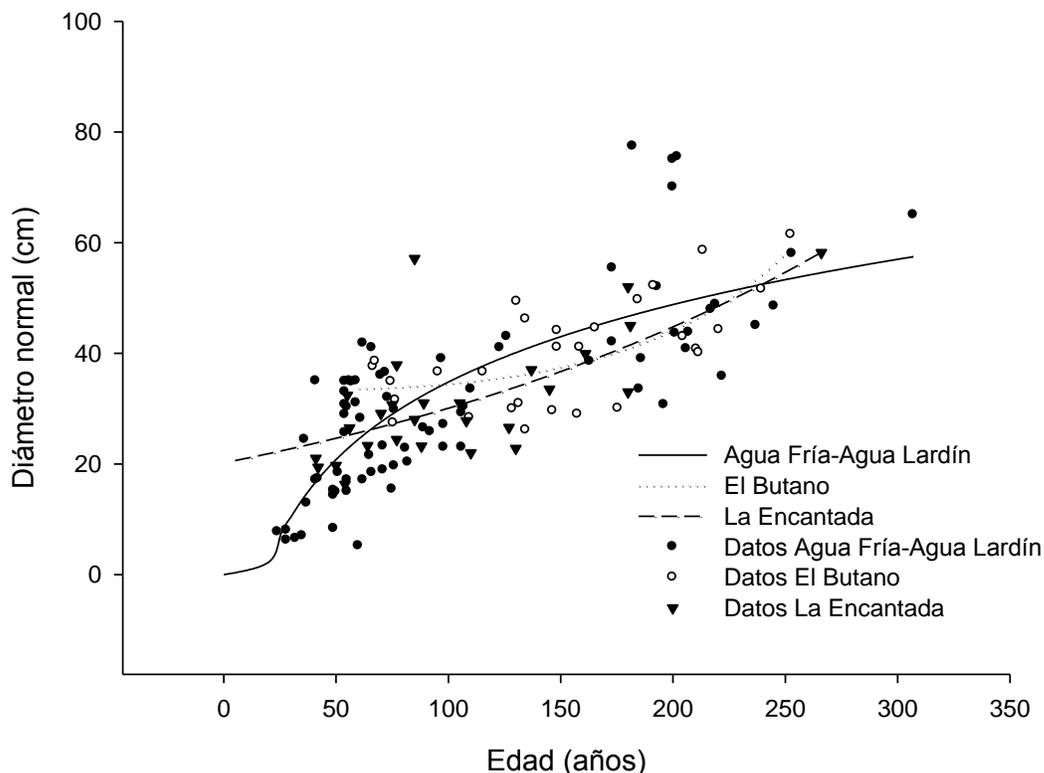


Figura 23. Curvas ajustadas de la relación edad-diámetro de las tres poblaciones de *Picea martinezii* T.F. Patterson (Gómez, 2007).

En la Figura 24 se muestran las curvas ajustadas en área basal por población. Para Agua Fría-Agua Alardín, el tiempo en que aumenta el crecimiento en área basal es casi constante, de tipo exponencial. Para El Butano el ritmo de crecimiento es lento hasta poco después de los 150 años, posteriormente este ritmo se acelera, presenciando un comportamiento de forma exponencial sin llegar

a estabilizarse después de los 250 años, lo que sugiere que el crecimiento después de esta edad continúa sin exhibir curva de inflexión. Dado que no se tienen datos antes de los 50 años y después de los 250 años de edad, no se sabe hasta dónde la curva presentaría la inflexión y si continuaría con la misma respuesta antes de esos años (Gómez, 2007).

En La Encantada el crecimiento es lento en los primeros años, pero conforme avanza la edad, el ritmo de crecimiento en área basal se incrementa sin notar algún punto de inflexión que indique la culminación de este después de los 250 años (Gómez, 2007).

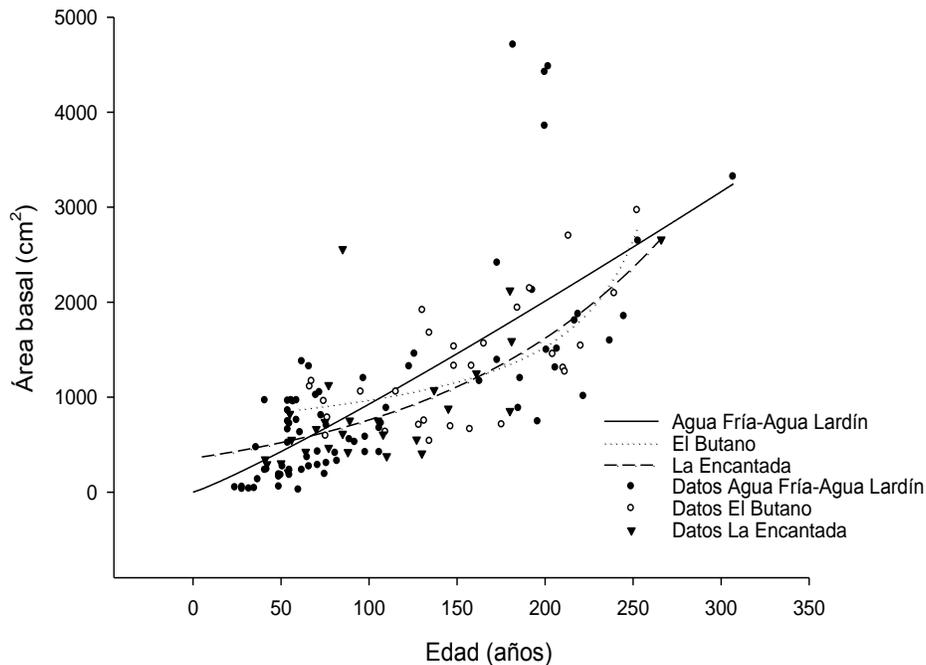


Figura 24. Curvas ajustadas de la relación edad-área basal de las tres poblaciones *Picea martinezii* T.F. Patterson (Gómez, 2007).

En el cuadro 7 se presentan los mejores modelos que resultaron del análisis de crecimiento de cada variable al juntar las poblaciones de *Picea martinezii*, para derivar los incrementos y así analizarlas. El modelo Yoshida I se repite para la altura y para el diámetro como en el caso del análisis de las variables por población. En este ejercicio de juntar las poblaciones, los estadísticos de

comparación no son mejores que Agua Fría-Agua Alardín y La Encantada (Gómez, 2007).

Cuadro 7. Modelos seleccionados por variable de *Picea martinezii* T.F. Patterson (Gómez, 2007).

Variable	Modelo seleccionado	Parámetros			
		A	B	c	d
Altura	Yoshida I	-1870949	3064.8	581.9	-0.0184
Diámetro normal	Yoshida I	53901.4	-4.1000	17336.0	-0.00082
Área basal	Bertalanffy	-43023.6	-0.00007		

Dónde: a, b, c, d = parámetros de regresión.

En el cuadro 8 se presentan los modelos de incremento seleccionados por variable. En altura y diámetro normal, tanto el ICA como en el IMA el modelo que presentó mejor ajuste fue el modelo 8. En el incremento en área basal el modelo 8 no fue el que menos se ajustó, por lo que también se puede recomendar para su utilización. Los tipos de curvas lineales y exponenciales en el área basal no son comunes (Gómez, 2007).

Cuadro 8. Modelos de incremento seleccionados por variable de *Picea martinezii* T.F. Patterson (Gómez, 2007).

Variable	Incremento	No. Modelo	Ecuación	Parámetros			
				A	b	C	d
Altura	ICA	8	$\ln y = a + b \ln x + cx^d$	2540.9	33.6884	-2543.3	0.0128
	IMA			2537.3	40.5161	-2543.3	0.0150
Diámetro normal	ICA			2542.6	28.6421	-2543.3	0.0111
	IMA			2538.6	36.9642	-2543.3	0.0138
Área Basal	ICA	3	$\ln y = a + bx$	2.20056	0.00021013		
	IMA	6	$\ln y = a + b \ln x + cx$	2.20117	0.00003018	0.00010585	

Dónde: a, b, c, d = parámetros de regresión.

#### 4.4 Estado de conservación

La especie de *Picea martinezii* incluida NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de en Peligro de Extinción ya que esta especie fue listada desde la primer edición de la norma en 1994. La población de La Encantada fue cercada y el acceso a la población del Butano se ha vuelto intransitable y estaba en desuso cuando se describió la especie. La población de El Butano se encuentra dentro del

Área Natural Protegida “Parque Nacional Cumbres de Monterrey”, cuenta con un Plan de Manejo desde 2004 y revisado en 2007, sin embargo, esta área protegida enfrenta la misma problemática que otras áreas de México. Fue decretada en el sexenio de Lázaro Cárdenas cuando los mecanismos legales de protección no estaban desarrollados. Actualmente ponen en peligro su conservación debido a múltiples intereses madereros, urbanos y de propietarios privados (CONABIO-CONANP, 2009).

Pero este problema no es el único, ya que estudios genéticos en esta especie demuestran que presenta diferentes grados de endogamia, que es crítico para el establecimiento de nuevas generaciones y su conservación, pues afecta la regeneración y disminuyen la densidad de individuos, aumentando la endogamia y la pone en riesgo de posible desaparición (Ledig *et al.*, 2000b).

En general, las poblaciones fragmentadas y aisladas tienden a mayores niveles de endogamia, lo cual conlleva a una menor capacidad reproductiva y por lo tanto existe mayor riesgo de extinción, debido a que la polinización entrecruzada no ocurre de manera completa lo que muestra una elevada tasa de extinción (Frankham, 1998).

## 5 GENÉTICA

### 5.1 Variación genética

Los individuos son arboles con regular conformación, aunque es posible que exista una situación endogámica que deteriore genéticamente a la especie debido al tamaño de sus poblaciones (Flores y Campos, 1994).

#### 5.1.1 Colecciones de procedencia

En un estudio realizado por Martínez (2009) se colectaron muestras en árboles de *Picea martinezii* para cada población. En hojas varió 12 a 32 árboles, en conos de 11 a 32 árboles y en semillas fue de 7 a 25 árboles, esto debido a que no todos los árboles contaban con conos y dentro de éstos no todos tenían semillas, de modo que varió de 7 a 32 árboles la unidad de muestreo. Los árboles se tomaron a lo largo y ancho del rodal con distanciamiento variado de acuerdo al tamaño del rodal, tratando que fueran representativos del rodal. Se muestrearon árboles maduros, mayores de 15 cm de diámetro normal, con evidencias de conos desarrollados. Los conos se colectaron de las cuatro exposiciones a la mitad de la copa del árbol. Del mismo modo se colectaron diez ramas que tuvieran por lo menos acículas de un año de edad.

De las diez ramas colectadas de cada árbol muestreado se tomó la acícula más larga y se midió el largo de acícula (LAC) y ancho de acícula (AAC) para obtener la media de cada árbol.

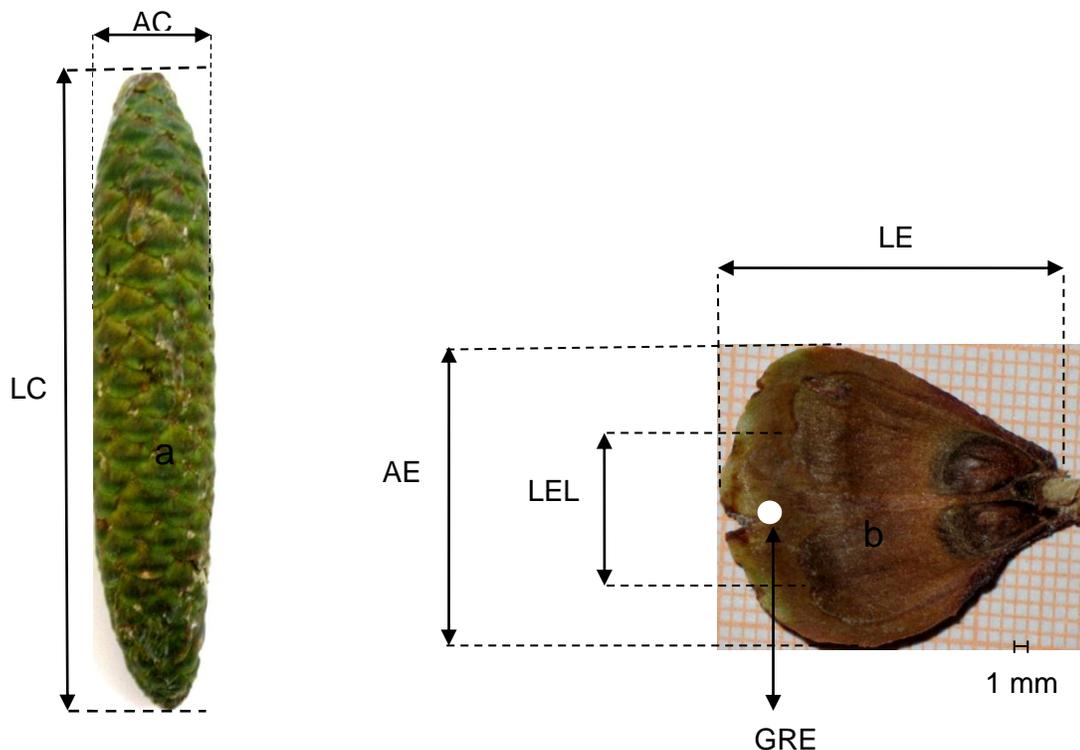
Para evaluar las variables morfológicas (estomas) y anatómicas de las acículas, éstas fueron sometidas a un proceso de rehidratación, utilizando alcohol etílico a 70° durante 24 horas. Posteriormente con apoyo de un estereoscopio de aumento

de 10x se cuantificó el número de hileras de estomas en el haz (NHEH), el número de hileras de estomas en el envés (NHEE) y el número de estomas en la parte media del haz en la sección lineal de un milímetro (NHE1M) de 10 hojas de cada árbol (Martínez, 2009).

Posterior a que las acículas se rehidrataron, se efectuaron cortes transversales con un bisturí en la parte media de cada hoja, procurando obtener cortes lo más delgada posible. Con la intención de obtener muestras temporales cada corte fue colocado en un portaobjetos con una gota de ácido láctico para facilitar la visibilidad de las estructuras de interés también se utilizó un sellador (barniz) alrededor del cubreobjetos para asegurar su permanencia (Martínez, 2009).

En la sección transversal de la hoja se evaluó el número de canales resiníferos (NCR), el tamaño y posición de éstos. Se midió en micras ( $\mu$ ) el diámetro del ducto del canal resinífero (DACR) y el diámetro del haz vascular incluyendo las células epiteliales (DAHV). En el lado de la posición del canal se tomó la longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI) y la distancia desde la esquina lateral (ángulo) al centro del canal resinífero (Martínez, 2009).

Para cada una de las poblaciones se evaluaron diez conos cerrados por árbol. La medición del largo del cono (LC) fue de la base hasta el ápice y para el ancho (AC) se midió en la parte más amplia del mismo. De cada cono se obtuvieron 10 escamas y de cada una de ellas se midió el largo (LE), ancho (AE) y grosor de escama (GRE) incluyendo la longitud de la escama libre (LEL) (Figura 25). Todas las variables fueron medidas con vernier con aproximación a 0.01 mm. Se evaluaron 20 semillas por árbol, seleccionadas al azar, las variables fueron longitud de semilla (LS), ancho de semilla (AS), longitud del ala con semilla (LAS) y ancho del ala (AA). Estas variables se midieron con vernier y con una precisión de 0.01 mm (Martínez, 2009).



a. Cono; b. Escama; AC= Ancho del cono; LC= Longitud del cono; LE= Largo de escama; AE= Ancho de la escama; GRE= Grosor de escama; LEL= Longitud de la escama libre.

Figura 25. Características morfológicas del cono de *Picea martinezii* T.F. Patterson (Martínez, 2009).

Para realizar la colecta de muestras de conos se monitorearon las poblaciones cinco meses previos a la colecta, donde se realizó un monitoreo de la producción de conos en las poblaciones. Posteriormente, en octubre y noviembre de 2006 se llevó a cabo la colecta en las cuatro poblaciones (López, 2007).

Se colectaron muestras de diferentes árboles de *Picea martinezii* en donde los arboles colectados fueron seleccionados de acuerdo a características fenotípicas deseables: árboles de diámetro normal mayor de 20 cm, rectitud con calificación superior a 2.5 de una escala de 0–5, dominante y/o codominante y con presencia de conos (López, 2007).

El muestreo de los árboles se llevó a cabo de manera selectiva a lo largo y ancho de las poblaciones. Se consideró una distancia entre árboles mayor o igual a 50 m

para reducir la probabilidad de parentesco entre ellos. La colecta de los conos se realizó con escalado del árbol (la mayoría de los conos de *P. martinezii* se encuentran en el último cuarto de la copa); se colectaron conos de diferentes exposiciones (Norte, Sur, Este y Oeste) y en diferentes partes de la copa del árbol (alta, media y baja), utilizando un gancho corta conos. El número de árboles seleccionados por población varió de ocho a 13, de igual forma, el número de conos por árbol varió de 5 a 10 conos (López, 2007).

### 5.1.2 Variación de procedencia

En el estudio de Martínez (2009) se realizó un análisis de varianza del cual se obtuvo que las variables evaluadas presentaron diferencias significativas a excepción de longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI), largo del cono (LC), ancho del cono (AC), longitud del ala con semilla (LAS) y ancho del ala (AA) (Cuadro 7).

En las variables anatómicas Martínez (2009) encontró que el diámetro del canal resinífero (DACR), de El Butano es diferente a La Encantada y Agua Fría con un valor de media más alto.

En distancia desde la esquina lateral del ángulo al centro del canal resinífero (d), Agua Alardín es diferente al resto de las poblaciones con la media más alta, por otro lado La Encantada es la que tiene la media más baja. La longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI) las cuatro poblaciones es estadísticamente igual. Mientras que en el diámetro del haz vascular incluyendo células del epitelio (DAHV), La Encantada es diferente al resto de las poblaciones con la media más baja (Cuadro 9).

Para el largo (LC) y ancho de cono (AC), las poblaciones estudiadas no muestran diferencias significativas. En el ancho de escama (AE), Agua Fría y La Encantada son diferentes de El Butano con la media superior más grande. Para el largo de escama (LE), La Encantada es diferente de El Butano con la media más alta.

Para la longitud de escama libre (LEL), La Encantada es diferente de Agua Fría y Agua Alardín con la media más alta. En el grosor de escama (GRE), Agua Fría es diferente de La Encantada y El Butano con la media más alta (Cuadro 9). En longitud (LS) y ancho de semilla (AS), Agua Fría es diferente de La Encantada y El Butano con las medias superiores más altas. En la longitud del ala con semilla (LAS) y el ancho del ala (AA), para las cuatro poblaciones son estadísticamente iguales.

En las variables morfológicas de acículas, de acuerdo al estudio realizado por (Martínez, 2009) las poblaciones aportan de un 17 a 53% de la variación total. Árboles dentro de poblaciones no contribuyen con nada, excepto en largo de acícula con 67% (Cuadro 10) siguiendo con la evolución en las variables anatómicas de acículas, las poblaciones aportan de un 1 a 41% de la variación total.

Árboles dentro de poblaciones no aportan nada, excepto para longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI) con 97%. Las muestras dentro de árboles contribuyen más a la variación total de 1 a 82% (Cuadro 10) en comparación de las variables del cono los árboles dentro de poblaciones contribuyen con la mayor aportación de un 74 a 99% de la variación total, para largo de cono (LC), ancho de cono (AC), ancho de escama (AE) y largo de escama (LE). Para longitud de escama libre (LEL) y grosor de escama (GRE) las poblaciones contribuyen con un 10% (Martínez, 2009).

Las muestras dentro de árboles aportan alrededor de un 10 a 89% (Cuadro 10) en las variables de semillas, los árboles dentro de poblaciones tienen la mayor aportación con un 42 a 90% de la variación total, para las variables ancho de semilla (AS), largo del ala con semilla (LAS) y ancho del ala (AA). Para longitud de semilla (LS) las poblaciones contribuyen con un 22%. Las muestras dentro de árboles aportan un 77% (Martínez, 2009).

Cuadro 9. Prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de separación de medias entre las cuatro poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson (Martínez, 2009).

Característica	Variable (Abreviatura)	Poblaciones			
		El Butano	Agua Alardín	Agua Fría	La Encantada
Acículas	Largo de acícula (LAC)	18.69 bc <sup>¶</sup>	17.79 c	19.76 ab	20.36 a
	Ancho de acícula (AAC)	1.26 b	1.15 c	1.29 ab	1.34 a
	Número de hileras de estomas en el haz (NHEH)	7.50 bc	11.76 a	8.05 b	7.12 c
	Número de hileras de estomas en el envés (NHEE)	6.09 c	9.68 a	6.96 b	5.95 c
	Número de estomas en 1 mm (NE1M)	71.27 c	86.25 a	76.77 b	56.74 c
	Diámetro del canal resinífero (DACR) <sup>†</sup>	3.21 a	2.97 ab	2.79 bc	2.53 c
	Distancia desde la esquina lateral del ángulo al centro del canal resinífero (d) <sup>†</sup>	5.62 b	8.29 a	5.40 b	3.93 c
	Longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI) <sup>†</sup>	80.94	83.83	84.70	82.93
	Diámetro del haz vascular incluyendo células del epitelio (DAHV) <sup>†</sup>	29.98 a	31.38 a	28.83 a	25.59 b
	Conos	Largo del cono (LC)	115.49	115.31	112.73
Ancho del cono (AC)		30.23	30.76	30.98	31.38
Ancho de escama (AE)		18.10 b	18.50 ab	19.92 a	19.51 a
Largo de escama (LE)		23.79 b	24.17 ab	24.95 ab	25.25 a
Longitud de la escama libre (LEL)		6.19 ab	5.51 c	5.82 bc	6.32 a
Grosor de escama (GRE)		0.65 c	0.73 ab	0.74 a	0.68 bc
Semillas	Longitud de semilla (LS)	5.73 b	6.13 ab	6.65 a	5.64 b
	Ancho de semilla (AS)	36.40 b	38.08 ab	45.29 a	31.57 b
	Longitud del ala con semilla (LAS)	16.35	16.78	17.48	17.67
	Ancho del ala (AA)	6.71	6.76	7.34	6.83

<sup>†</sup>: Variables anatómicas de acículas.

<sup>¶</sup>: Promedios seguidos de la misma letra, en cada fila, no son diferentes estadísticamente, según la prueba DMS ( $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 10. Estimación de los componentes de varianza entre y dentro de poblaciones en *Picea martinezii* T.F. Patterson (Martínez, 2009).

Característica	Variable (Abreviatura)	Componentes de varianza (%)		
		Poblaciones	Árboles dentro de poblaciones	Muestras dentro de árboles
Acículas	Largo de acícula (LAC)	17.35	67.27	15.39
	Ancho de acícula (AAC)	39.96	0.00	60.04
	Número de hileras de estomas en el haz (NHEH)	44.66	0.00	55.34
	Número de hileras de estomas en el envés (NHEE)	52.96	0.00	47.04
	Número de estomas en 1 mm (NE1M)	43.14	0.00	56.87
	Diámetro del canal resinífero (DACR) <sup>†</sup>	20.33	0.00	79.67
	Distancia desde la esquina lateral del ángulo al centro del canal resinífero (d) <sup>†</sup>	41.06	0.00	58.94
	Longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI) <sup>†</sup>	1.47	96.74	1.80
	Diámetro del haz vascular incluyendo células del epitelio (DAHV) <sup>†</sup>	17.09	0.00	82.91
	Conos	Largo del cono (LC)	0.00	99.71
Ancho del cono (AC)		0.23	89.50	10.27
Ancho de escama (AE)		10.22	74.20	15.57
Largo de escama (LE)		6.15	77.67	16.18
Longitud de la escama libre (LEL)		10.36	0.00	89.64
Grosor de escama (GRE)		10.84	0.00	89.16
Semillas	Longitud de semilla (LS)	22.58	0.00	77.42
	Ancho de semilla (AS)	8.97	90.36	0.67
	Longitud del ala con semilla (LAS)	3.46	76.31	20.23
	Ancho del ala (AA)	2.67	42.19	55.14

<sup>†</sup>=Variables anatómicas

Martínez (2009) menciona que con respecto a la mayor distancia morfológicamente encontrada entre Agua Alardín y La Encantada son diferentes por el largo (LAC) y ancho (ACC) de acículas, así como el número de hileras de estomas (NHEH y NHEE) y estomas en un milímetro (NE1M), esto se aprecia en la gráfica del componente principal y la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de separación de medias, las poblaciones más cercanas son La Encantada y El Butano con la mayoría de las variables iguales como en número de hileras de estomas (NHEH y NHEE) y estomas en un milímetro (NE1M), longitud lateral al lado de la posición del canal resinífero (DI), las variables del cono a excepción de largo de escama (LE) y todas las variables de semillas.

### 5.1.3 Crecimiento

Las curvas ajustadas de incremento para altura presentan las formas de campana (Figura 26). El ICA llega a su punto máximo a la edad de los diez años aproximadamente, después comienza a descender, donde las dos curvas de ICA e IMA coinciden a la edad de los 50 años, luego de este cruce donde el IMA alcanza su máximo incremento, las curvas siguen disminuyendo. Por último, el IMA es superior al ICA (Gómez, 2007).

La gráfica de crecimiento en diámetro normal muestra un crecimiento lento en los primeros años, luego el crecimiento se dispara hasta llegar a los 50 años, donde el crecimiento comienza a reducir siguiendo un ritmo constante sin denotar la culminación de su crecimiento, esta ausencia de punto de inflexión alguna sugiere que el crecimiento continúa después de esos años (Figura 27).

Respecto a las curvas ajustadas de incremento para diámetro normal, en el ICA presenta una tendencia decreciente desde el punto máximo sin tener la forma de campana que presenta la curva del IMA (Figura 28). El ICA comienza desde su punto máximo a la edad de los 5 años sin dejar de descender para luego cruzarse con la curva del IMA, donde coinciden a la edad de los 35 años, en este cruce el IMA alcanza su máximo incremento, luego las curvas siguen disminuyendo.

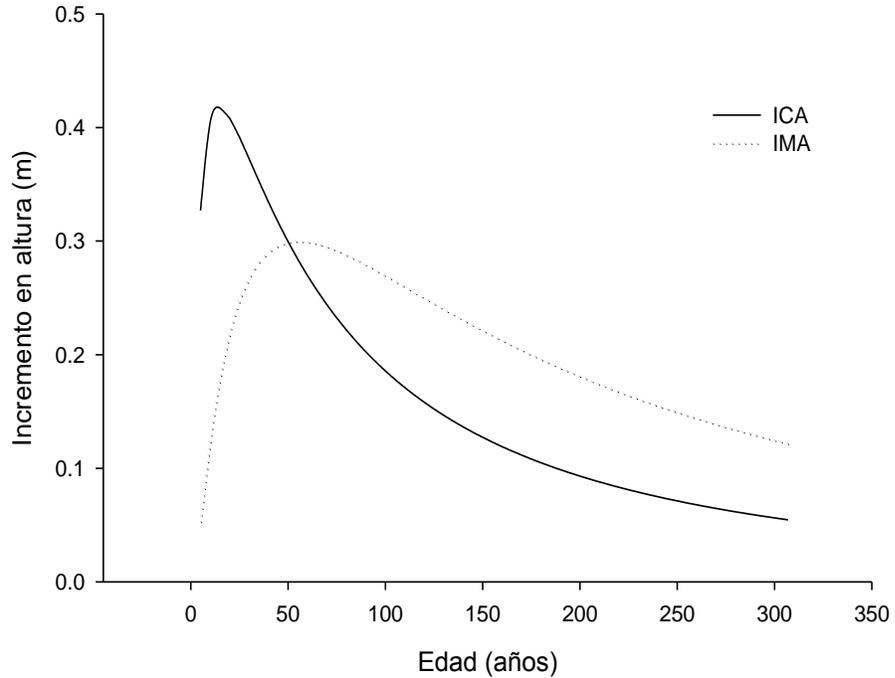


Figura 26. Curvas ajustadas de incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) para la variable altura de *Picea martinezii* T.F. Patterson (Gómez, 2007).

Por último, el IMA queda por encima del ICA. La causa de que el ICA no tenga la forma de campana seguramente es por la falta de datos de los primeros años en la edad de los árboles (Gómez, 2007).

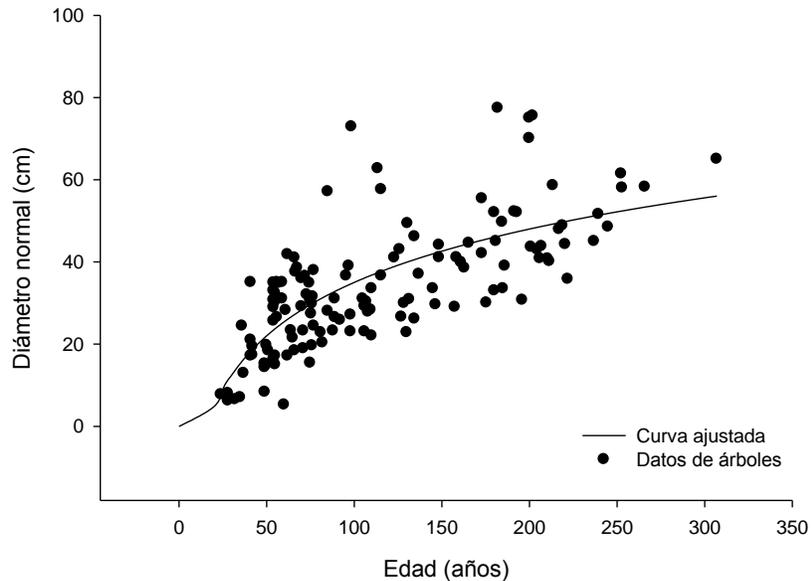


Figura 27. Curva de crecimiento ajustada de edad-diámetro de *Picea martinezii* T. F. Patterson de Nuevo León (Gómez, 2007).

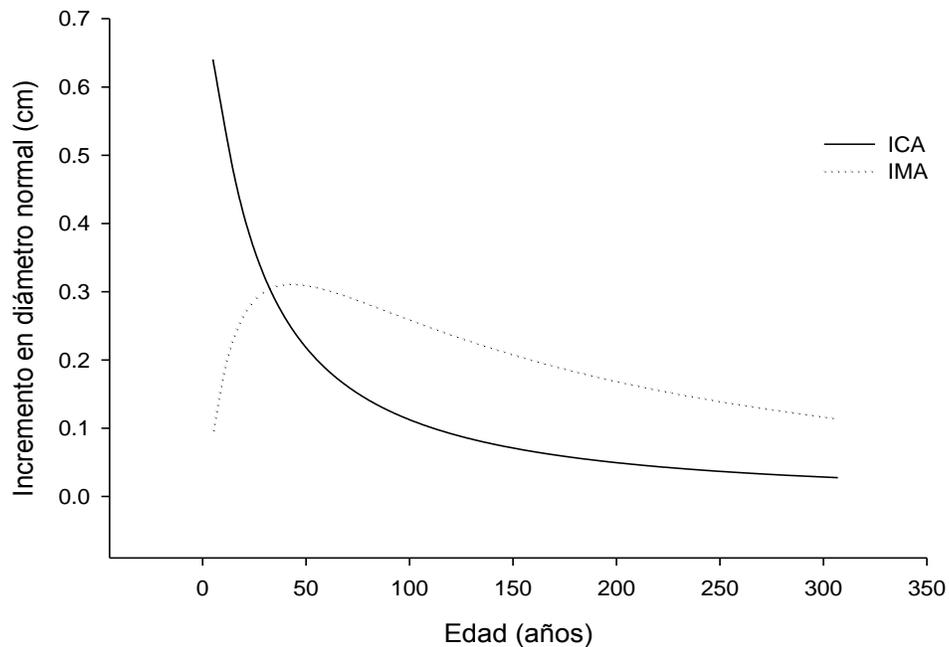


Figura 28. Curvas ajustadas de incremento corriente anual (ICA) e incremento medio anual (IMA) para la variable diámetro normal de *Picea martinezii* T. F. Patterson (Gómez, 2007).

## 5.2 Conservación genética

### 5.2.1 *In situ*

Debido a que la información para *Picea martinezii*. T.F. Patterson es escasa, no se tienen planes estratégicos de conservación para esta especie como ocurre con *Picea chihuahuana*, que si existen dos propuestas uno es el Programa de Fomento y Protección, donde los objetivos principales son: Reducir niveles poblacionales de *Cydia phillisi*, la cual está atacando los conos y semillas, y reduce así la regeneración natural de esta especie, por este motivo se plantea incrementar las poblaciones de *Picea chihuahuana* con plantaciones, protegiéndolas a través de cercado, y desarrollando estudios de evaluación de factores que afectan el potencial de distribución de *P. chihuahuana*, así como

realizar estudios de diversidad faunística y riqueza florística en los bosques de tal especie (Ramírez , 1994).

El plan estratégico de conservación para *P. chihuahuana*, se podría aplicar para *P. martinezii* ya que las causas de daños son parecidas debido al tamaño de sus poblaciones la situación de las especies es similar, y con este plan de conservación se podría mantener y recuperar áreas en las que esta especie puede establecerse ya sea de manera natural o artificial como se menciona de acuerdo a los objetivos de dicho plan de conservación.

Para la conservación de esta especie Sánchez y Narváez (1985) se elaboró un Plan Integral para la Conservación y Fomento de *Picea chihuahuana*. El cual pretende manifestar las inquietudes para evitar la extinción, garantizando su usufructo para las generaciones futuras bajo los siguientes objetivos.

- a) Conocer la situación actualmente esta especie.
- b) Indicar en forma integral las medidas de protección de acuerdo a los factores que la afectan.
- c) Proponer acciones que permitan su fomento y que aseguren su permanencia en el marco florístico nacional y mundial.
- d) Recomendar algunas medidas para crear una actitud cívica forestal ante este recurso natural y
- e) Proponer que se registren en el Catálogo Mundial de especies amenazadas o en peligro de extinción.

Por su parte (Ramírez, 1994) considera que Para promover la conservación de la especie *Picea chihuahuana* se pretende restablecer la calidad de hábitat de las áreas en que prospera, preservando además la biodiversidad, se busca atraer al turismo para impulsar la educación ecológica y promover la investigación (Ramírez, 1994).

*Picea martinezii* se encuentra en la lista del Jardín Botánico de la Universidad de Tennessee el cual donde se mencionan las especies de coníferas que deberían de

estar en algún jardín botánico debido a su estatus y a la fragilidad de sus poblaciones que son demasiado pequeñas y restringidas (Hamilton, 2011).

### 5.2.2 *Ex situ*

*Picea martinezii* se encuentra en el Arboretum de Villardebelle, establecido en 1995 con la finalidad de conservar genes de coníferas del mundo, en peligro de extinción. El arboretum se encuentra en el departamento de l'Aude al Sur-Oeste de Francia, con una latitud de 43° 01'N, y una longitud 2° 23' E situado en altitudes de 510 a 670 m, posee una superficie de 6 ha en cuatro lugares diferentes y una distancia al mar de 53 kilómetros con una superficie de 6 ha en cuatro lugares diferentes, ubicados en microclimas diferentes debido a la pendiente, exposición al sol y al viento y con una precipitación media anual 1074 mm (Arboretum de Villardebelle, 2003.).

En la colección del Arboretum Wespelaar se tienen tres árboles de *Picea martinezii*, se ubica en la localidad de Haacht al norte de Bélgica, las cuales provienen de un bosque ubicado a 2,150 m en El Butano, Nuevo León, México, las plantas presentan buen crecimiento y están clasificadas como plantas de especial interés (Arboretum Wespelaar, S.F.).

Se tiene un reporte de unos árboles de *Picea martinezii* en el arboretum ubicado en la Universidad de Carolina del Norte, Estados Unidos de América (J.C. Raulston Arboretum, 2010).

### 5.3 Relaciones filogenéticas

La diferenciación de la mayoría de los abetos norteamericanos del género *Picea* sp. Las especies que se puede identificar sobre la base de la morfología y la anatomía de la aguja son. *Picea breweriana* S. Watson, *P.chihuahuana* Martínez, *P. mariana* (Mill.) Britton, Sterns & Poggenb. *P.martinezii* T.F. Patterson, y *P. rubens* Sarg. Las agujas tienen dos conductos de resina continuos que se extienden desde la base hasta cerca de la punta. Los estudios paleoecológicos y paleoclimáticos pueden ser facilitados para la identificación de especies a nivel de

los restos vegetales como ramas debido a las diferentes adaptaciones ecológicas de cada especie. Los patrones de continuidad de los conductos de resina son generalmente consistentes con las clasificaciones taxonómicas actuales. En base a los resultados, junto con el ADN y los estudios de parentesco, *Picea martinezii* y *P. chihuahuana* puede estar estrechamente relacionados (Chengyu y Jackson, 2000).

Numerosas poblaciones de seis taxones de abetos, incluyendo cuatro especies endémicas de relictos, *Picea chihuahuana* (abeto de Chihuahua), *P. martinezii* (abeto Martínez), *P. mexicana* (abeto Mexicano), y *P. breweriana* (abeto de Brewer), y dos especies ampliamente extendidas, *P. engelmannii* (abeto de Engelmann) y *P. pungens* (abeto azul), se compararon de acuerdo a las isoenzimas loci, en donde de acuerdo al estudio de las enzimas y del ADN estos análisis agrupa a *Picea chihuahuana* y *Picea martinezii* como dos especies hermanas o de parentesco cercano, al igual que *P. engelmannii* y *P. mexicana* forman un grupo aparte y la distancia genética entre ellos es similar a los valores asociados con las especies estrechamente relacionadas, pero mayor que las distancias típicas de subespecies o variedades de coníferas (Ledig *et al.*, 2004).

Una combinación de compuestos fenólicos y terpenoides se utilizaron para determinar los patrones de similitud morfológica con análisis de variables en el fenómeno magnético entre *Picea engelmannii* var. *mexicana* (*P. mexicana* Martínez); *P. chihuahuana*.; el recientemente descrito *P. martinezii* (todos de México), y *P. engelmannii*, *P. pungens* y *P. sitchensis* de los Estados Unidos de América. Ambas poblaciones mostraron una estrecha afinidad con la población de Estados Unidos de América de *P. engelmannii*, las variedades de *P. engelmannii*. *Picea martinezii* fue similar a *P. chihuahuana*, pero todos los análisis mostraron que los dos taxones que sean claramente distintos, lo que justifica la retención de *P. martinezii* como una especie separada. Curiosamente, *P. engelmannii* var. *mexicana* sobre-ha rodado en la variación morfológica y fenólica con *P. sitchensis* (Taylor *et al.*, 1994)

## 6 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN CONSULTADA

En esta monografía se encontraron 44 referencias bibliográficas. La información se dividió en cuatro apartados que se mencionan a continuación, es importante mencionar que de los cinco apartados que se tenían en un inicio se eliminó el de plantaciones por carencia de información.

En la primera parte correspondiente a descripción de la especie se encontraron 22 autores, que corresponde a un 50% del total de los autores citados; el segundo apartado corresponde a producción de plantas en vivero cuenta con 3 autores que corresponden al 6.81% del total de los autores citados; para el tema de manejo silvícola se encontraron 5 autores que describen este capítulo representando un 11.36% del total de los autores citados en esta monografía y por último se tiene el tema de genética con 14 autores, constituyendo un 31.81% del total de los autores citados en esta monografía (Cuadro 11).

Con relación al primer tema descripción de la especie que representa un (50%) del total de autores es donde se encuentra el mayor número de información, debido a que *Picea martinezii* T.F. Patterson se encuentra en peligro de extinción, aunado a esto la Sociedad Mexicana de Mastozoología y Marina (SOMEMMA) implemento el programa de conservación de especies en riesgo (PROCER) con la finalidad de obtener información y conservar esta especie, sin embargo la falta de información ecológica principalmente de suelo y geología es necesario debido a que se tienen bien definidos los elementos nutricionales que contienen los suelos en donde se desarrolla esta especie.

Así como estudios de microclima que sería una parte importante ya que los micro relieves que se tienen en la zona permitirían establecer plantaciones cerca de las poblaciones, por otra parte el uso del fuego controlado sería una herramienta ecológica de manejo de ecosistemas fragmentados o en categoría de riesgo.

El contar con la localización de las cuatro poblaciones es importante, pero aún falta conocer la superficie actual de cada una de las poblaciones, para determinar si las poblaciones están en aumento se establecen bajo el dosel del arbolado adulto.

Cuadro 11. Autores de los temas revisados en la monografía y sus totales.

Tema revisado	Autores	Total
2. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE	Müller y Alanís (1984); Patterson (1988); Müller-Using y Velázquez (1983); Rzedowski (2006); Hinton y Hinton (1995); Villarreal y Estrada (2008); Velazco <i>et al</i> (2011); Capó <i>et al</i> (1997); Valdez <i>et al</i> (2003); Villalba (2009); Ledig <i>et al</i> (2000a); INEGI (2011); IUSS <i>et al</i> (2007); INIFAP-CONABIO (1995); García-CONABIO (1998); Vidal-Zepeda (1990a); Vidal-Zepeda (1990b); Sánchez (1984); Sánchez y Narváez (1985) Narváez (1983); Cerano (2004) Cibrián <i>et al</i> (1995)	22
3. PRODUCCIÓN DE PLANTA EN VIVERO	López (2007); CONABIO-CONANP (2009); Flores (2012).	3
4. MANEJO SILVÍCOLA	Villalba (2009); Gómez (2007); CONABIO-CONANP-(2009); Ledig <i>et al</i> (2000b); Frankham (1988).	5
5. GENÉTICA	Flores <i>et al</i> (1994); Ledig <i>et al</i> (2000b);Martínez (2009); López (2007); Ramírez <i>et al</i> (1994); Hamilton (2011); Chengyu <i>et al</i> (2000); Taylor <i>et al</i> (1994); Gómez (2007); Sánchez y Narváez (1985); Ledig <i>et al</i> (2004); Arboretum de Villardebelle, (2003)	14

Con respecto al tema de producción de planta en vivero cuenta con un porcentaje bajo (6.81%), es de los temas que se deben estudiar para llevar a esta especie a un programa de conservación, de manera completa en donde se tengan todas y cada una de las necesidades de vivero desde época de siembra, sustrato tipo de embace y control de plagas y enfermedades.

Así como determinar el tiempo que se tarda en desarrollar para obtener una talla adecuada para llevarla a campo y si se tienen problemas buscar las soluciones que permitan fomentar el desarrollo de esta especie y establecerlas en áreas específicas en las que prospere esta especie. Aunque ya se tiene un estudio en el

cual se determinó el número de semillas por población, y cuáles son las poblaciones que presentan más semillas fértiles o llenas, en donde se colectarían conos de las poblaciones con el número mayor de semillas llenas y obtener un porcentaje de sobrevivencia más alto.

Referente al tema de manejo de plantaciones no se tiene información alguna por este motivo se omitió dentro del contenido de esta monografía, que es uno de los temas importantes que deben ser estudiados para que se realicen plantaciones de esta especie y que se realicen ensayos de procedencia de las cuatro poblaciones en sitios diferentes para determinar cuál población es la que tiene mayor resistencia genética a sequias plagas y enfermedades así como a diferentes calidades de sitio.

Para el tema de manejo silvícola se tiene poca información, se encontraron tan solo 5 autores que representan el 11.36% del total de las referencias bibliográficas, en este apartado se conoce el comportamiento de la especie, así como el crecimiento y el rendimiento en rodales naturales, ya que es una especie que está en peligro de extinción y no se puede someter al aprovechamiento, que es donde se genera la mayor cantidad de información del manejo silvícola, aunque la regeneración de esta especie en algunas poblaciones los individuos rebasan los 200 ind/ha es importante cuántos de estos individuos llegan a ser adultos y cuáles son las causas por las que no llegan a ser adultos así como ya se sabe que es una especie tolerante a la sombra cual es la cobertura que se tiene de sotobosque para que le haga la sombra necesaria para que esta se propague de manera natural. También sería importante conocer la calidad de estación donde se desarrolla la especie para determinar si necesita suelos muy ricos y profundos o pobres y someros.

El último tema es genética con un 31.81% es un tema que en información generada ocupa el segundo lugar, ya que esta especie se decía que era *P. chihuahuana* y después unos autores la descripción como *P. martinezii*. Sin

embargo es necesaria la conservación *in situ* de la especie, como primer paso la segregación de las especies de aprovechamiento y posteriormente la lista como peligro de extinción, que es una de las maneras de conservación en nuestro país ya que no se cuenta con un programa establecido para la conservación de la especie.

## 7 LITERATURA CITADA

- Alanis, G., J., Velazco, G., C., Foroughbakhch, R., Valdez, V., y Alvarado, M., A. 2004. Diversidad florística de Nuevo León: especies en categoría de riesgo. CIENCIA UANL / VOL. VII, No. 2. pp. 209-217.
- Arboretum Raulston J.C. 2010. Current Plantings *Picea martinezii*. [En línea]. Department of Horticultural Science, NC State University. [Fecha de consulta: 15 de Mayo 2012]. Disponible en: [http://www.ncsu.edu/jcraulstonarboretum/horticulture/current\\_plantings/current\\_plantings\\_details.php?serialnumber=0012087](http://www.ncsu.edu/jcraulstonarboretum/horticulture/current_plantings/current_plantings_details.php?serialnumber=0012087).
- Arboretum de Villardebelle. 2003. Departamento de l'Aude, Languedoc-Rosellón, Francia. 31 Enero 2003. <<http://www.pinetum.org/PhotoACP2.htm>>. Fecha de consulta: 27 de Marzo 2012.
- Arboretum Wespelaar. [S.F.]. Conservación de especies. [En línea]. [Fecha de consulta: 15 de Mayo 2012]. Disponible en: <http://www.arboretumwespelaar.be/Default.aspx?WPID=264&L=E&DNa=Picea+martinezii>.
- Capó, A.,M., 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.
- Cerano, P.J. 2004. Reconstrucción de 350 años de precipitación invierno-primavera para Saltillo, Coahuila. Tesis profesional Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.170 p.

- Cibrián, T.D., Méndez, M., J. T., Campos, B., R., Yates III, H.O. y J. Flores. 1995. Insectos forestales de México. Publicación número 6. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Estado de México, México. 453 p.
- CONANP-CONABIO. 2009. Pinabete de Nuevo León (*Picea martinezii*). Fichas de especies mexicanas. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad y comisión nacional de áreas naturales protegidas, México, D.F. 5 p. [en línea]. 10 de marzo de 2012. Disponible en: [http://www.Biodiversidad.gob.mx/especies/especies\\_priori/fichas/pdf/PinabeteNuevoLeon.pdf](http://www.Biodiversidad.gob.mx/especies/especies_priori/fichas/pdf/PinabeteNuevoLeon.pdf)
- Chengyu, W. y Jackson, S., T. 2000. Species differentiation of North American spruce (*Picea*) based on morphological and anatomical characteristics of needles. Canadian Journal Botany, 2000, 78 (11). [En línea]. 2012 list of journals. [Fecha de consulta: 13 de marzo de 2012]. Disponible en: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/b00-111>
- Farjón A. 2001. World Checklist and bibliography of conifers, Second edition. Royal Botanical Gardens. Kew, England.
- Flores, L., C. y Campos, J., L. 1994. *Picea chihuahuana* Martínez. 10p. Inédito
- Flores, L., C. 2004. Indicadores reproductivos en tres poblaciones de *Picea mexicana* Martínez de México. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 46 p.
- Flores, L., C. 2012. Profesor investigador del departamento forestal UAAAN (celes64@prodigi.net. Saltillo, Coahuila, México. Comunicación personal.
- Frankham, R. 1998. Inbreeding and extinction: island populations. Conservation Biology 12 (3): 665-675.

- Gómez, L. J.A. 2007. Crecimiento e incremento de *Picea martinezii* T. F. Patterson en tres poblaciones de Nuevo León. Tesis licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 44 p.
- García, V.A. 2010 Actualización en el Conocimiento de *Pinus chiapensis* (Martínez) Adresen. Monografía. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.120 p.
- García, E.- Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad(CONABIO) 1998. Climas (Clasificación de Koppen, modificado por García) Escala 1:1, 000,000. México.
- Hamilton, S. 2011. ACS Reference Gardens Play a Global Role in Plant Conservation.
- Hinton, J. y G.S. Hinton. 1995. Checklist of Hinton's collection of the flora of south-central Nuevo León and adjacent Coahuila. Acta Botánica Mexicana. 30:41–112.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base referencial mundial del recurso suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre recursos mundiales de suelos No. 103. FAO. Roma. 117p. [En línea]. 10 de marzo del 2012. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a0510s/a0510s00.pdf>
- INEGI. 2011. Instituto nacional de estadística y geografía, principales tipos de suelos. [En línea]. [Fecha de consulta: 08 de marzo de 2012]. Disponible en:<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/fisigeo/principa.cfm>.

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (.1995). Edafología. Escala 1:250,000 y 1:1000,000. México.
- Ledig, F.T., M. Mápula L., B. Bermejo V., C. Flores L., V. Reyes H., y M. A. Capó A. 2000a. Locations of endangered spruce populations in México and the demography of *Picea chihuahuana*. *Madroño* 47:71-88.
- Ledig, F. T., V., B. Bermejo V., P. D. Hodgskiss, D. R. Johnson, C. Flores L. y V. Jacob C. 2000b. The mating system and genic diversity in Martinez spruce, an extremely rare endemic of México's Sierra Madre Oriental: an example of facultative selfing and survival in interglacial refugia. *Canadian Journal Forest* 30: 1–9.
- Ledig, F., T., Hodgskiss, P., D., Krutovskii, K., V., Neale, D., B. y Eguiluz-Piedra, T. 2004. Relationships among the spruces (*Picea*, pinaceae) of southwestern North America. *Systematic Botany*. 29 (2), pp. 275-295. Postprint available free at: <http://repositories.cdlib.org/postprints/1670>
- López, R., E. 2007. Producción de semillas e indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *picea martinezii* t. f. Patterson. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 36 p.
- Martínez, V.R. 2009. Variación morfológica y anatómica de *Picea Martinezii* T.F. Patterson en cuatro poblaciones naturales de México. Tesis licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. 53 p.
- Müller-Using, B., y Alanis-Flores, G. 1984. Nuevos registros del pinabete de Chihuahua (*Picea chihuahuana* Martinez) en Nuevo León propuesta para la protección legal de dos áreas de especial interés ecológico. In Reunion

Regional de Ecología Norte, 25-27 Apr. 1984, Monterrey, Nuevo León, Mexico. Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología Subsecretaria de Ecología, México.pp. 130-132.

Müller-Using, B. y S. Velázquez F. 1983. Aportes a la distribución geográfica del pinabete de Chihuahua (*Picea chihuahuana* Martínez) en México: dos nuevos registros en el estado de Nuevo León. Inédito. 22 p.

Narváez, F., R. Sánchez C. y J. Olivas, M., A.1983 Distribución y poblaciones de *Picea chihuahuana*. Centro de investigaciones forestales del norte.

Patterson, T. E. 1988. A new species of *Picea* (Pinaceae) from Nuevo León, Mexico. Sida 13: 131-135.

Ramírez, G., J. 1994. Programa fomento y protección *Picea chihuahuana*. Clave del programa.10PICH. 8p. Inédito.

Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 p.

Sánchez, C.J. 1984. *Picea chihuahuana*, una especie en peligro de extinción. Revista Ciencia Forestal 9 (51): 50-63.

Sánchez, C. y J. Narváez., F., R. 1985. Plan Integral Para la Protección y Fomento de *Picea chihuahuana*. Centro de Investigaciones Forestales del Norte. Chihuahua, Chih.

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, 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. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre del 2010.México. 78p.[ En línea]. 10 de marzo

de 2012. Disponible en: [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf)

Sociedad Mexicana de Mastozoología Marina (SOMEMA).2007-2012. Programa de conservación de especies en riesgo. Borrador. 24p. [En línea]. Novedades. [Fecha de consulta: 02 de Marzo de 2012]. Disponible en: <http://sommema.org/sommema/Archivos/PROCER%202009.pdf>

Taylor, R., J. Patterson, T., F. y Harrod, R., J. 1994. Systematics of Mexican Spruce –Revisited. *Systematic Botany* 19(1): 47-59.

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.

Velazco, M.C., G. Alanís F., M.A. Alvarado V., L. Ramírez F., R. Foroughbakhch P. 2011. Flora endémica de Nuevo León, México y estados colindantes. *Journal of Botanical Research Institute of Texas* 5(1): 275-298.

Vidal-Zepeda, R. 1990a. Temperatura media anual. Extraído de Temperatura media. IV.4.4. Atlas Nacional de México vol. II. Escala 1:4000,000. Instituto de Geografía UNAM México.[En línea] Portal de geoinformación. [Fecha de consulta: 13 de marzo de 2012] Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Vidal-Zepeda, R. 1990b. Precipitación media anual en Precipitación. IV.4.6. Atlas Nacionales de México. Vol. II. Escala 1:400,000. Instituto de Geografía .UNAM. México.[En línea] Portal de geoinformación. [Fecha de consulta 13 de marzo de 2012] Disponible en: [ttp://www.conabio.gob.mx/información/gis/layouts/preci4mgw.gif](http://www.conabio.gob.mx/información/gis/layouts/preci4mgw.gif)

Villalba, L.R. 2009. Diversidad y estructura de especies leñosas en poblaciones de *Picea martinezii* T.F. Patterson en México. Tesis licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 60 p.

Villarreal, J.A. y E. Estrada C. 2008. Listados florísticos de México. XXIV. Flora de Nuevo León. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 153 p.