

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Comparación de Crecimiento e Incremento en Tres Poblaciones de
Picea martinezii T.F. Patterson a Partir de Sitios Permanentes

Por:

JUAN HERNÁNDEZ PACHUCA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Comparación de Crecimiento e Incremento en Tres Poblaciones de *Picea
martinezii* T.F. Patterson a Partir de Sitios Permanentes

Por:

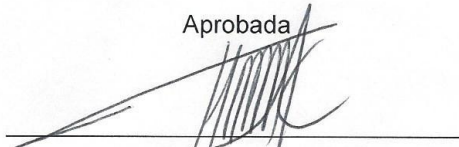
JUAN HERNÁNDEZ PACHUCA

TESIS

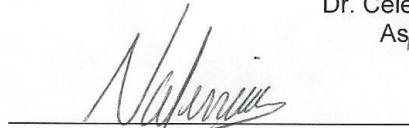
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada





Dr. Celestino Flores López
Asesor Principal



M.C. Salvador Valencia Manzo
Coasesor



M.C. José Aniseto Díaz Balderas
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2014

Proyecto de tesis apoyado por el proyecto de investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 13-30-3613-2122, a cargo del profesor investigador Dr. Celestino Flores López.

DEDICATORIA

A mis padres:

Sra. Angelina Pachuca Jiménez, por ser la mujer más hermosa en este mundo, la cual me enseñó el valor de la humildad para poder triunfar en esta vida, a esa persona que corrigió durante algún tiempo mis actitudes de rebeldía hoy le comparto un logro en mi vida que significa una inmensa alegría dedicado para usted, valorando ese sacrificio que ha tenido por uno de sus hijos, sin su apoyo no hubiera llegado al lugar en el que estoy, ahora más que nunca le expreso mi amor, respeto y admiración sobre su persona. Gracias mamá.

Sr. Juan Hernández Jiménez, primeramente por haberme dado el honor de ser su hijo y llevar su nombre, por las enseñanzas, consejos y apoyo que me ha brindado para poder llegar hasta el lugar donde me encuentro, gracias por cada uno de sus sacrificios que ha realizado, principalmente el estar tanto tiempo lejos de la familia para buscar el bienestar para todos en casa, hoy le comparto un logro en mi vida el cual es gracias a todos esos sacrificios que realizó estando lejos; por ser la persona junto a mi madre las personas a quien más admiro y respeto en la vida. Gracias papá.

A mis hermanos:

Orlando, Laura, Gabriel, Alberto, Cesar, Marisol y Ángel, a pesar de estar fuera de casa quiero que sepan que siempre están en mi mente y mi corazón, gracias por su apoyo y alegrías que en todo momento hemos compartido, este logro en mi vida también es para ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A mi *Alma Terra Mater* la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de formarme como profesionista en esta gran casa de estudios. Por todo lo aprendido dentro de sus instalaciones.

Al Departamento Forestal por el apoyo brindado para inculcar los conocimientos para terminar la carrera Ingeniero Forestal.

Al Dr. Celestino Flores López por brindarme su apoyo como asesor de este trabajo, por su paciencia, conocimientos y confianza durante este tiempo.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo por su tiempo en la revisión de este trabajo con el fin de obtener un mejor resultado.

Al M.C. José Aniseto Díaz Balderas por su apoyo en la revisión de este trabajo apoyándome con sus conocimientos para la elaboración del mismo.

A los compañeros y amigos Santos Cruz Ortiz, Gabriel Eduardo Cervantes Ángel, Leonel Domínguez Ríos, Enrique Eguiluz Pedraza, José Luis Pérez Díaz, Edelmira Chaparro Gómez y Diana Lizeth Corona Mora, por apoyarme en cada una de las evaluaciones en campo sin su apoyo este trabajo no se hubiese logrado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	I
ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	4
1.2 Hipótesis	4
2 REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Descripción de <i>Picea</i> en México	5
2.2 <i>Picea martinezii</i>	5
2.3 Importancia de evaluar especies en riesgo	6
2.4 Métodos de evaluación de la estructura de la vegetación.....	6
2.4.1 Estructura horizontal.....	7
2.4.2 Estructura vertical.....	8
2.4.3 Abundancia.....	8
2.4.4 Dominancia.....	8
2.4.5 Índices de diversidad estructural en rodales.....	9
2.5 Crecimiento de coníferas	10
2.5.1 Determinación con cilindros de incremento	10
2.5.2 Análisis troncales.....	11
2.5.3 Tablas de producción	11
2.5.4 Mediciones en sitios permanentes.....	11
2.5.5 Modelos matemáticos de simulación	12
2.6 Conceptos de crecimiento e incremento	12
2.6.1 Incremento en diámetro de los árboles en pie.....	12
2.6.2 Incremento en altura en los árboles.....	13
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	14

3.1	Descripción del área de estudio	14
3.1.1	Ubicación geográfica	14
3.1.2	Aspectos ecológicos	14
3.2	Diseño de muestreo para el establecimiento de los sitios permanentes ..	17
3.3	Cálculo de probabilidades de cambio de estructura diamétrica	17
3.4	Elaboración de tabla de proyección de crecimiento (producción) de rodales de <i>Picea martinezii</i>	19
3.5	Comparación de incrementos en volúmenes entre poblaciones.....	22
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1	Probabilidad de cambio de categorías por especie en cada población....	24
4.1.1	Población Agua de Alardín, Aramberri, N. L.	24
4.1.2	Población La Encantada, Zaragoza, N. L.	25
4.1.3	Población Agua Fría, Aramberri, N. L.	27
4.2	Crecimiento e incremento en volumen por población.....	28
4.2.1	Crecimiento e incremento en la población Agua de Alardín, Aramberri, N. L.	29
4.2.2	Población La Encantada, Zaragoza, N. L.	29
4.2.3	Población Agua Fría, Aramberri, N. L.	30
4.3	Análisis de varianza de los incrementos en volumen por población	33
5	CONCLUSIONES	35
6	RECOMENDACIONES.....	36
7	LITERATURA CITADA.....	37

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Localización de las poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson en el Estado de Nuevo León.	14
Cuadro 2	Aspectos ecológicos de las poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson.	16
Cuadro 3	Cálculos de probabilidad de cambio de estructura diamétrica por especie en 1000 m ² .	18
Cuadro 4	Proyección de crecimiento (producción) de rodales de <i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson.	20
Cuadro 5	Modelos utilizados para estimación de volumen por especie.	21
Cuadro 6	Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, sin cambio e incremento a una categoría diamétrica por especie en la población de Agua Fría, Aramberri, N. L.	25
Cuadro 7	Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, sin cambio e incremento a una categoría diamétrica por especie en la población de La Encantada, Zaragoza, N. L.	26
Cuadro 8	Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, sin cambio, incremento a una categoría diamétrica e incremento a dos categorías diamétricas por especie en la población de Agua Fría, Aramberri, N. L.	28
Cuadro 9	Promedio en crecimiento e incremento en volumen por población en Agua de Alardín, Aramberri, N.L.	30
Cuadro 10	Promedio en crecimiento e incremento en volumen por población en La Encantada, Zaragoza, N.L.	31
Cuadro 11	Promedio en crecimiento e incremento en volumen por población en Agua Fría, Aramberri, N.L.	32

Cuadro 12 Comparación de los incrementos en volumen entre
poblaciones

33

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Localización de las poblaciones de <i>Picea martinezii</i> T. F. Patterson en Nuevo León, México.	15

RESUMEN

Picea martinezii es una de las tres especies del género *Picea* que se encuentran en México y es la última en haber sido descrita, además está enlistada en peligro de extinción, actualmente no se han hecho estudios de monitoreo de estas poblaciones, debido a esta necesidad, el objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento, mortalidad e incorporación para el período de 2007-2013 en sitios permanentes de poblaciones naturales de *P. martinezii* en Agua de Alardín y Agua Fría en Aramberri, Nuevo León, y La Encantada en Zaragoza, Nuevo León.

Se establecieron diez sitios permanentes de muestreo, dos en Agua de Alardín, tres en La Encantada y cinco en Agua Fría. La primera evaluación se realizó en el año 2007 y la segunda en el año 2013. Los sitios fueron de 1000 m², sitios concéntricos de 400 m² y sitios de 80 m² para, las variables evaluadas fueron diámetro a 1.3 m de altura y altura del árbol.

Se realizó un cálculo de probabilidades de diámetros donde se obtuvo una proyección de los cambios que pueden tener los árboles durante el periodo de tiempo evaluado, se obtuvo el volumen de las especies utilizando ecuaciones para especies con crecimientos semejantes a las que se encontraron en las poblaciones. Para comparar los incrementos entre poblaciones de volumen se realizó un análisis de varianza con ayuda del programa SAS donde la población La Encantada tuvo mayor diferencia entre las tres poblaciones mostrando los mejores incrementos en volumen en las especies encontradas en los sitios que se evaluaron en esta población. La especie más afectada fue *Pinus teocote* con decrementos en su volumen debido a la sequía que se presentó en este periodo de tiempo.

Palabras clave: *Picea martinezii*, sitios permanentes, incremento en volumen.

ABSTRACT

Picea martinezii is one of three species of genus *Picea* in Mexico and is the latest one described, this also has been listed endangered, at present no studies have been done to monitor these populations, due to this necessity, the objective of this study was to evaluate the growth, mortality and incorporation for the period 2007-2013 in permanent sites of natural populations of *P. martinezii* in Agua de Alardín, Agua Fría in Aramberri, Nuevo León, and La Encantada in Zaragoza, Nuevo León.

Were established ten seven permanent sample sites, two in Agua de Alardín, three in La Encantada and five in Agua Fría, the first evaluation was conducted in the year 2007 and the second one in the years 2013. The size of the site was of 1000 m² whit concentric sites 400 m² and 80 m², the variables evaluated were diameter at 1.3 m height and tree height.

It was made the calculation of probabilities in diameters balance of probabilities where a projection of changes can have the trees during the time of period evaluated, the volume of the species was obtained using equations for species with similar growth rates to those found in populations. To compare between populations increases between populations an analysis of variance was performed was performed using the SAS program where the population La Encantada hand highest difference between the three populations showing the best increases in volume in the species found on sites that were evaluated in this population. The most affected species was *Pinus teocote* with decrease in volume due to the drought that occurred in this time period.

Keywords: *Picea martinezii*, permanent sites, increment in volume.

1 INTRODUCCIÓN

El género *Picea* pertenece al grupo de las coníferas endémicas de México, está representado por tres especies, *P. chihuahuana* Martínez, *P. martinezii* T.F. Patterson y *P. mexicana* Martínez, las cuales tiene una distribución en el norte del país y se ubican en poblaciones aisladas. *P. chihuahuana* Martínez en Chihuahua y Durango, *P. mexicana* Martínez en Coahuila, Chihuahua y Nuevo León y *P. martinezii* en Nuevo León (Ledig *et al.*, 2000a).

P. martinezii se distribuye en cuatro poblaciones en la Sierra Madre Oriental en el estado de Nuevo León en los municipios de Aramberri (propiedad privada Agua Alardín y Agua Fría), Montemorelos (Ejido la Trinidad) y Zaragoza (Ejido La Encantada) (Ledig *et al.*, 2000a). *P. martinezii* se encuentra dentro del bosque mesófilo de montaña en altitudes de entre 2250 y 2550 msnm, asociándose con especies de coníferas como *Pinus*, *Abies* y *Taxus globosa* Schlendental, y también con *Quercus*, *Tilia*, *Ostrya*, *Cornus*, *Ilex*, *Juglans* y *Crataegus* (Valdez *et al.*, 2004). Las especies de *Picea* en México se distribuyen de la siguiente manera: Estas especies de *Picea* están clasificadas en estatus de riesgo, en la categoría de peligro de extinción dentro de la NOM.059-SEMARNAT-2010, por sus áreas de distribución y el reducido tamaño de sus poblaciones que han disminuido drásticamente, poniendo en riesgo su permanencia en su distribución natural (Semarnat, 2010). El principal riesgo de las poblaciones es la presencia de incendios forestales (Alanís *et al.*, 2004; Flores-López *et al.*, 2005).

El género *Picea* forma bosques en altitudes entre 2,000 y 3,200 m, en sitios sombríos y húmedos, preferentemente en laderas de cañadas y barrancas o valles muy protegidos, que en general ocupan superficies muy reducidas en medio de pinares y muchas veces se presentan como rodales mixtos, principalmente con *Pinus* y *Abies*. El área total que cubren en la República Mexicana probablemente no pasa de 250 km² (Rzedowski, 1978).

Además de que el tamaño de sus poblaciones han disminuido drásticamente, poniendo en riesgo su viabilidad biológica en su hábitat natural, las poblaciones de estas especie son relictuales, cuyo principal riesgo de desaparecer es debido a los incendios forestales (Alanís *et al.*, 2004; Flores-López *et al.*, 2005).

Estudios de diversidad genética en *P. martinezii* demuestran que presenta diferentes grados de endogamia, lo que significa que es crítico para establecer nuevas generaciones que conserven la especie, ya que la regeneración es la principal afectada, lo cual trae como consecuencia un menor grado de reproducción para su permanencia (Ledig *et al.*, 2000b).

El interés por el monitoreo ambiental está creciendo considerablemente hoy en día, entrelazándose estrechamente con los aspectos sociales sobre los que influye y por los que es influido. El interés se debe no sólo a las tasas cada vez más altas de pérdida de diversidad biológica, sino también a la necesidad de brindar información a nivel nacional e internacional sobre el estado de conservación de dicha diversidad biológica o sobre el manejo de los recursos naturales. El monitoreo permite recabar la información requerida para que diferentes actores puedan comunicar y negociar los valores de uso comunes o divergentes de la diversidad biológica de forma tal, que no sirva solamente para la toma de decisiones, sino también para catalizar la participación de diferentes grupos, comunidad científica y actores sociales (Del Águila, 2007).

Al género *Picea* en México, se le ha dado poca importancia a pesar de la reducida superficie que ocupa, el escaso número de individuos presentes en las poblaciones y lugares casi inaccesibles en los que se le encuentra y que con el calentamiento global puede llegar a desaparecer (Rzedowski, 1983; Ledig *et al.*, 1997). La diversidad de especies es un componente de la diversidad biológica y para medirla es necesario analizarla a partir de tres elementos, la riqueza de especies que es el número de especies en comunidad, siendo el concepto más antiguo de la diversidad de especies; la heterogeneidad que indica cuando una población o comunidad es más diversa que otra, aunque tenga igual número de especies; y la equitatividad que estima el grado en que se encuentra una población respecto a otra hipotética, y estima que desviación presenta la población con pocas especies dominantes y muchas especies no comunes comparado con una población donde todas las especies son igualmente comunes (Krebs, 1999).

La importancia de evaluar la sucesión de etapas de un individuo en una población que se encuentra en peligro de extinción es necesaria para que dicha población persista en el tiempo (Valdez, 2008).

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

A pesar de lo abrupto de los terrenos dentro de los bosques mesófilo de montaña donde se localiza *P. martinezii*, éstos han estado sometidos a una intensa explotación desde hace siglos, en algunas partes se practica la agricultura seminómada que da por resultado un mosaico de comunidades secundarias de diferentes grados de avance, donde las poblaciones humanas desplazan las poblaciones de vegetación (Rzedowski, 1978).

Debido a las explotaciones que se mencionan, los estudios Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER) en la NOM 059 solicitan información de la demografía para ver si las poblaciones en realidad están en riesgo, ya que sobreestiman la categoría de riesgo para el grupo taxonómico de plantas (Semarnat, 2010).

La biodiversidad de este grupo taxonómico está muy relacionada a las subsistencia y evolución de las culturas dentro de la historia (Conabio, 2000). Dentro de una región se refleja por sus diferentes ecosistemas, riqueza de especies entre cantidades de especies endémicas, entre otros, de ahí la importancia del monitoreo de poblaciones en riesgo para cuantificar la diversidad biológica mediante la obtención de datos cuantitativos que describan de manera sistemática las tendencias de cambio de las comunidades vegetales arbóreas que aporten información sólida que pueda contribuir a la elaboración y evaluación de estrategias de conservación de dichas especies (Conabio, 1998).

En este trabajo se pretende realizar un estudio donde se evalúe el crecimiento, incorporación y mortalidad en especies asociadas a *P. martinezii*, de

igual forma se analizó la composición de especies en las poblaciones de la especie en estudio.

La información que se logre obtener puede servir para realizar propuestas que aporten beneficios para la conservación de las poblaciones que estén en algún tipo de riesgo.

1.1 Objetivo

Evaluar el crecimiento, mortalidad e incorporación para el período de 2007-2013 en sitios permanentes de poblaciones naturales de *Picea martinezii* en Agua de Alardín y Agua Fría en Aramberri, Nuevo León, y La Encantada en Zaragoza, Nuevo León.

1.2 Hipótesis

Ha. Las especies asociadas a *Picea martinezii* no afectan en el incremento, incorporación y mortalidad de estas especies en estatus de riesgo.

Ho. Las especies asociadas a *Picea martinezii* afectan el incremento, incorporación y mortalidad de estas especies en estatus de riesgo.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de *Picea* en México

El género *Picea* en México incluye tres especies: *Picea chihuahuana*, *P. martinezii* y *P. mexicana*, con diferente distribución y crece 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, Coahuila y Nuevo León (Ledig *et al.*, 2000a).

2.2 *Picea martinezii*

El pinabete espinoso de Nuevo León (*P. martinezii*) al menos hace 8,000 años, se distribuía 500 km más al sur de la distribución actual. 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).

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, la corteza es delgada y escamosa que se desprende en pequeñas láminas circulares de 5 a 10 cm. La copa del árbol es cónica, con ramas espaciadas y colgantes, sus brotes son robustos, café claro con un peciolo prominente. La fisonomía del árbol maduro se destaca 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. 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. 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. Tienen color verde que madura a café pálido 6 a 8 meses después de la polinización. Las semillas son cafés, redondeadas de 4 a 5 mm de largo con alas café pálido de 16 a 23 mm de largo (Patterson, 1988).

2.3 Importancia de evaluar especies en riesgo

La Ley General de Vida Silvestre proporciona la actualización constante del listado de especies asignadas a categorías de riesgo, al menos cada tres años, esto con el fin de generar información actualizada acerca de las especies y poblaciones en riesgo de extinción en un proceso continuo, de ahí la importancia en la aplicación del MER (Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México) ya que es una herramienta dentro de la Norma Oficial Mexicana 059 que busca ponderar a través de una escala jerárquica, los factores que afectan a una especie a la escala del país y con base en el resultado del análisis, un taxón puede ser asignado a una de dos categorías de riesgo previstas por la norma. Por lo que de esta forma la MER debe analizar de manera general los trabajos realizados sobre la recuperación de las especies que se encuentren enlistadas en riesgo de extinción para representar de manera real la situación que enfrenta cada especie en particular (Sánchez *et al.*, 2007).

2.4 Métodos de evaluación de la estructura de la vegetación

El estudio de los componentes de la vegetación se organiza en diferentes niveles. La caracterización fisonómica o de estructura, y las asociaciones o diversidad. En el primer caso, se trata de diferenciar las especies que presentan los valores mayores en parámetros ecológicos (abundancia, densidad, frecuencia) (Rangel y Velázquez, 1997).

La estructura se define como la formación de estratos, se refiere a la distribución y organización de la vegetación. Se presenta por medio de separaciones entre organismos en el espacio, ya sea verticalmente (capas), o bien, horizontalmente (círculos concéntricos) (Sutton y Harmon, 1995).

A pesar de esto ya no es factible solo el cálculo de producción de un árbol. Se necesita hacer estudios a nivel rodal, así es que la estructura de un rodal es fundamental para prescribir las intervenciones de manejo, determinar el rendimiento del bosque, para poder proyectar los cambios que se manifiesten en los rodales (Sutton y Harmon, 1995; Prodan *et al.*, 1997).

Existen dos tipos de estructura dentro de los bosques, estructura horizontal y vertical, las cuales son una variable de creciente interés a evaluar por su directa relación con los temas de biodiversidad; sin embargo, sus mediciones se realizan en base a inventarios forestales tradicionales aunque la medición terrestre es un método de obtención de información lento y caro (Sutton y Harmon, 1995; Prodan *et al.*, 1997).

2.4.1 Estructura horizontal

La estructura horizontal es la extensión de las especies arbóreas siendo el suelo y el clima sus factores determinantes en el bosque. Esta estructura es la mejor respuesta del ecosistema frente a las características ambientales y a las limitaciones y amenazas que enfrenta ya que la pérdida de nutrientes por lavado, principalmente en los bosques húmedos, es compensada por el desarrollo de un proceso de ocupación, por la germinación de las semillas que lleva el viento “lluvia de semillas”, o de las que han estado esperando la entrada de luz “banco de semillas del suelo”. Las variables que se han evaluado para caracterizar esta estructura han sido la cobertura arbórea y el número de árboles por sub-parcela (Manzanero y Pinelo, 2004).

2.4.2 Estructura vertical

La estructura vertical del bosque se clasifica con base en perfiles y responde a las características de las especies que la componen y a las condiciones microclimáticas presentes en las diferentes alturas del perfil; para esta estructura, se ha evaluado la altura dominante de los árboles y la diversidad vertical a través del índice de Shannon (Manzanero y Pinelo, 2004).

2.4.3 Abundancia

La abundancia se expresa por el número de árboles por hectárea, para lo cual se deben considerar dos aspectos; el número de individuos por especie y la determinación del área basal por especie proyectadas en hectárea (ha) (Aguirre *et al.*, 2003; Partida, 2007). Para determinar el número de árboles por hectárea se utiliza la siguiente fórmula, donde se utilizan los valores promedios por especie y poblaciones.

$$d = \frac{x(10,000)}{z}$$

Dónde:

d= Número de árboles

x= Número de árboles ubicados en el sitio

z= Dimensión del sitio (100 m²)

10000= constante representando una ha.

2.4.4 Dominancia

La dominancia se determina para poder observar la cobertura que ocupa en m² por cada especie proyectada en hectáreas (Valdez, 2002; Aguirre *et al.*, 2003), la cual se muestra a continuación:

$$AB = \left(\frac{\pi}{4} \right) (DAP)^2$$

Dónde:

AB= área basal en metros cuadrados

DAP= diámetro a la altura del pecho (1.3 m) en metros

$\pi=3.1416$

2.4.5 Índices de diversidad estructural en rodales

La diversidad estructural es uno de los aspectos más relevantes en el ámbito forestal, ya que es fácilmente modificable a través de las intervenciones silvícolas. La estructura de un rodal está relacionada con el hábitat de muchos animales y plantas, se puede utilizar en muchos casos como indicador de la biodiversidad. No obstante, estructuras complejas no implican siempre una mayor diversidad. Una forma de conservar la biodiversidad general del sistema consiste en un manejo adecuado de la estructura arbórea del rodal, y de este modo, del hábitat de las diversas especies (Del Río *et al.*, 2003).

La estructura de un rodal está directamente relacionada con su estabilidad frente a distintos factores bióticos y abióticos, así como con los beneficios directos (productos) e indirectos (fijación de carbono, paisaje, protección del suelo, etc.) (Del Río *et al.*, 2003).

La diversidad depende de los diferentes elementos que se encuentran en el ecosistema, de su rango de variación y de la mayor o menor presencia (abundancia relativa) de cada uno de ellos (Del Río *et al.*, 2003).

Dentro de los elementos que componen la estructura de un ecosistema forestal, los árboles suponen el más relevante; las distintas especies presentan diferentes características morfológicas y dan lugar a diferentes estructuras. El diámetro medio, la distribución diamétrica, la altura, la densidad y la competencia entre individuos son importantes características de la estructura del rodal. Otros componentes importantes de los rodales forestales son el sotobosque. La vegetación herbácea y la presencia de lianas, que varían en función de las

especies del estrato arbóreo, las condiciones ecológicas del sitio y el tratamiento silvícola y a lo largo del ciclo del rodal (Del Río *et al.*, 2003).

Los métodos que utilizan datos simulados se basan en el uso de modelos para analizar los mecanismos que dan lugar a diferentes tipos de estructuras, haciéndose referencia a ellos en el análisis de la estructura. Todos estos índices se pueden aplicar a todos los árboles de un rodal o bien utilizarlos para estudiar las distribuciones de distintas clases, como clases de tamaños, especies, entre otras, obteniendo el patrón espacial de las zonas en las que se localizan las parcelas de muestreo (Del Río *et al.*, 2003).

Se puede describir la estructura de un rodal mediante tres características: posición o distribución espacial, diversidad y mezcla de especies y diferenciación, tanto vertical como horizontal (Del Río *et al.*, 2003).

2.5 Crecimiento de coníferas

La estimación del incremento de rodales es un elemento clave para el manejo forestal; en México se cobra cada vez mayor conciencia de la necesidad de tener determinaciones confiables de este parámetro para basar en ellas las decisiones en los aprovechamientos forestales (Flores-Rodríguez, 1983).

2.5.1 Determinación con cilindros de incremento

Se estima el crecimiento corriente anual con la metodología general de proyección de la estructura del rodal (Stand Table Projection), a partir de estimaciones del crecimiento pasado en el d.a.p. (diámetro a 1.3 m de altura) de árboles individuales se busca predecir cuánto crecerá un rodal en los próximos años. La principal imprecisión de esta metodología reside en que se estima el incremento bruto, que no se ajusta con los valores de la mortalidad, en el periodo considerado (Flores-Rodríguez, 1983).

2.5.2 Análisis troncales

Klepac (1976) lo define como un procedimiento por medio del cual se puede conocer el crecimiento e incremento del árbol durante su vida.

Se estima el incremento en los años anteriores para predecir el incremento futuro, basándose en el conteo de anillos de diversas secciones del fuste. La muestra recae en pocos árboles llamados “árboles medios” o “árboles tipo”. Persiste la dificultad de pasar de estimaciones del incremento de árboles individuales a incremento de rodales (Flores-Rodríguez, 1983).

2.5.3 Tablas de producción

Las tablas de producción describen las características de las variables dasométricas más importantes de un rodal en función de la edad y la calidad de estación. El empleo de las tablas de producción como predictoras del incremento y como guías en el manejo forestal estuvo hasta 1972 prácticamente ausente en nuestro país, debido a que hasta ese año prevalecían los sistemas silvícolas de bosques irregulares (Flores-Rodríguez, 1983).

Klepac (1976) menciona que las tablas de producción deben ser preparadas para áreas de manejo forestal individuales. De esta manera también dice que Flury 1907 fue de los primeros en preparar tablas de producción para *Picea* en la región montañosa de Suiza.

2.5.4 Mediciones en sitios permanentes

Este tipo de estudios para conocer el incremento de rodales por medio de mediciones sucesivas. Tampoco está suficientemente utilizado en nuestro país. Son pocas las parcelas que se han establecido con metodología y tratamiento de la información adecuada (Flores-Rodríguez, 1983).

2.5.5 Modelos matemáticos de simulación

Técnica relativamente desconocida entre los investigadores y personal de operación de las universidades forestales; sólo dos trabajos de han publicado al respecto, en 1978 Franco desarrolló un modelo de simulación demográfica para poblaciones coetáneas de *Pinus hartwegii* en Zoquiapan, Estado de México y Cano y Nevárez: desarrollaron en 1979 un modelo de simulación del crecimiento de *Pinus douglasiana* para la región de la Unidad Forestal de Atenquique, cuyo objetivo fue dar bases para tomar decisiones tales como longitud del turno, periodo entre cortas intermedias, densidades residuales a dejar en los aclareos. Además se pretendía predecir la producción del bosque en el periodo de manejo (Flores-Rodríguez, 1983).

2.6 Conceptos de crecimiento e incremento

El crecimiento de un árbol o de un rodal está representado por su respectivo desarrollo; de aquí que se habló del desarrollo del árbol en altura y diámetro y del desarrollo en volumen de un árbol o de un rodal, al referirnos al crecimiento. A medida que un árbol crece, sus dimensiones aumentan (diámetro, altura y volumen). Este crecimiento del árbol en un periodo de tiempo determinado se llama incremento, debiendo diferenciar incremento del árbol en diámetro, incremento del árbol en altura, incremento del árbol en volumen (Klepac, 1983).

2.6.1 Incremento en diámetro de los árboles en pie

El crecimiento de los árboles es un proceso intermitente que se caracteriza por los cambios en la forma del tallo y la dimensión durante un período de tiempo. En los bosques, un árbol que crece añade una capa anual de madera justo debajo de la corteza, desde el nivel del suelo hasta la punta y todo alrededor del tallo. En sección transversal, estas capas aparecen como anillos anuales. En consecuencia, la edad del árbol se puede determinar contando los anillos de

crecimiento. Los anillos anuales tienden a ser más amplios durante la vida temprana de un árbol; al aumentar la edad, la anchura del anillo disminuye gradualmente, lo que resulta en una reducción del incremento anual de diámetro (Avery y Harould, 2002).

2.6.2 Incremento en altura en los árboles

Los cambios en altura de los árboles son de interés primordial para predecir la futura composición del bosque y para la selección de los árboles ideales de cultivo en bosques puros, el crecimiento en altura procede lentamente hasta que la plántula está bien establecida; éste es seguido por un periodo de rápido crecimiento durante los próximos 20 a 30 años, dependiendo de la especie y el sitio en cuestión. A medida que un árbol comienza a alcanzar la madurez, el crecimiento en altura disminuye gradualmente pero nunca cesa completamente, es tan largo como el árbol es vivo y sano (Avery y Harould, 2002).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica

Las poblaciones de *Picea martinezii* en México se encuentran en Sierra Madre Oriental, específicamente en el estado de Nuevo León (Cuadro 1). Tiene una distribución en un rango altitudinal que va de los 1873 msnm en la población de Agua Fría, hasta 2539 msnm en La Encantada. Las poblaciones de Agua de Alardín y Agua Fría sólo se encuentran a aproximadamente 3 km de distancia una de otra.

Cuadro 1. Localización de las poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en el Estado de Nuevo León.

Población	Propiedad	Municipio	Coordenadas geográficas *	Elevación (msnm †)
Agua de Lardín	Propiedad Privada: Agua de Alardín	Aramberri	24° 02' 24" N 99° 43' 51" O	2244
Agua Fría	Propiedad Privada: Agua Fría	Aramberri	24° 02' 24" N 99° 42' 41" O	1873
La Encantada	Ejido La Encantada	Zaragoza	23° 53' 31" N 99° 47' 27" O	2539

*Coordenadas tomadas en campo con el receptor GPS, Datum WGS 84. †msnm= metros sobre el nivel del mar.

3.1.2 Aspectos ecológicos

Para los aspectos climáticos de la población de *Picea martinezii* se utilizó el mapa digital de la República Mexicana colocando los puntos de las coordenadas de las poblaciones en el programa Arc Map 10 (Cuadro 2). Las poblaciones no tienen estaciones meteorológicas y las estaciones más cercanas no son representativas o se encuentran muy alejadas de las mismas.

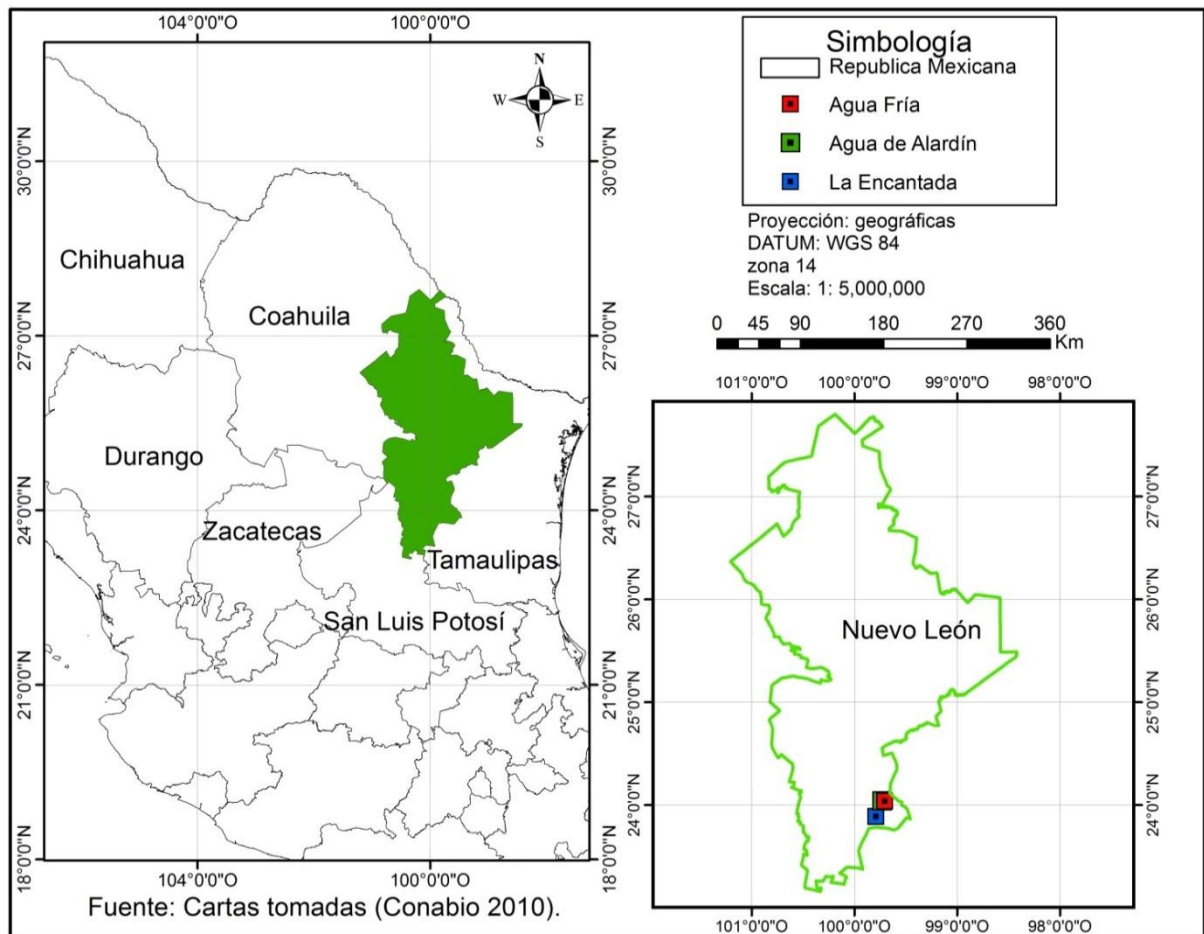


Figura 1. Localización de las poblaciones de *Picea martinezii* T.F. Patterson en Nuevo León, México.

Cuadro 2. Aspectos ecológicos de las poblaciones de *Picea martinezii* T.F. Patterson.

Población	Aspecto ecológico				
	Clima	Geología	Suelo	Hidrología	Vegetación
Agua de Alardín	Templado húmedo, temperatura media anual entre 12 y 18 °C	Roca sedimentaria de tipo caliza	Litsoles con algunas áreas de rendzinas de textura media	Región hidrológica RH25 San Fernando-Soto La Marina en la Cuenca Soto La Marina	<i>Picea martinezii</i> , <i>Ilex rubra</i> , <i>Abies</i> sp, <i>Fagus grandiflora</i> Ehrh., <i>Pinus estevezii</i> (Mtz.) Perry, <i>Carpinus</i> sp, <i>Cornus urbiniana</i> , <i>Tilia americana</i> L., <i>Taxus globosa</i> (Villalba, 2009).
Agua Fría	Templado húmedo, temperatura media anual entre 12 y 18 °C	Roca sedimentaria de tipo caliza	Litsoles con algunas áreas de rendzinas de textura media	Región hidrológica RH25 San Fernando-Soto La Marina en la Cuenca Soto La Marina	<i>Picea martinezii</i> , <i>Ilex rubra</i> , <i>Abies</i> sp, <i>Fagus grandiflora</i> Ehrh., <i>Pinus estevezii</i> (Mtz.) Perry, <i>Carpinus</i> sp, <i>Cornus urbiniana</i> , <i>Tilia americana</i> L., <i>Taxus globosa</i> (Villalba, 2009).
La Encada	Templado húmedo, temperatura media anual entre 12 y 18 °C	Roca sedimentaria de tipo caliza	Luvisol crómico de textura fina con pedregosidad lítica profunda	Región hidrológica RH25 San Fernando-Soto La Marina en la Cuenca Soto La Marina	<i>Picea martinezii</i> , <i>Abies</i> sp, <i>Pinus ayacahuite</i> Ehrennberg y <i>Quercus</i> sp.. (Patterson, 1998; Capó <i>et al.</i> , 1997).

Fuente: Patterson, 1998; Capó *et al.*, 1997; Villalba, 2009; Conabio, 2010).

3.2 Diseño de muestreo para el establecimiento de los sitios permanentes

El diseño de muestreo que se utilizó fue dirigido, los sitios evaluados fueron permanentes, establecidos en el estudio de Capó *et al.* (1997). El número de sitios establecidos fueron variables para cada población, en Agua de Alardín dos, en Agua Fría cinco y en la Encantada tres.

Los sitios de muestreo fueron de 1000 m² (radio de 17.84 m), con sitios concéntricos de 400 m² (radio de 11.28 m) y 80 m² (radio de 5.046 m). En el sitio de 1000 m², se obtuvieron datos de los árboles con diámetro normal (1.3 m de altura) mayor a 15 cm; en el sitio de 400 m² se evaluaron los árboles con diámetro entre 5 y 15 cm; y en el sitio de 80 m² se obtuvo la información de los árboles con diámetro menor a 5 cm.

Los formatos de registros para datos, de los tres tamaños de sitio, se adaptaron de la metodología de la Dirección General del Inventario Forestal (Manzanilla, 1923; SARH-SFF, 1979), en donde se registran variables dasométricas, así como otros datos ecológicos y silvícolas a nivel sitio y localidad.

3.3 Cálculo de probabilidades de cambio de estructura diamétrica

Para realizar el cálculo de probabilidad de cambio por estructura diamétrica se siguió la metodología de Avery y Harould (2002), realizando algunos ajustes que ayudaran a obtener información más clara sobre las especies evaluadas (Cuadro 3), donde se tomaron en cuenta los árboles que fueron incorporados al sitio evaluado los cuales en la primera evaluación no se consideraron probablemente por ser renuevos o los cuales aún no existían; con esta información se realizaron graficas circulares donde se representen las probabilidades de cambio de categorías diamétrica por especie en cada sitio permanente para de esta manera observar de forma más detallada la respuesta que surgió durante el primer y segundo periodo de evaluación (2007-2013).

Cuadro 3. Cálculos de probabilidad de cambio de estructura diamétrica por especie en 1000 m².

Número de árbol (1)	Especie (2)	Diámetro a la altura del pecho, primera medición (cm) julio 2007 (3)	Diámetro a la altura del pecho después de 5 años (cm) abril 2013 (4)	Nueva clase diamétrica (5)	Cambio de estructura del rodal, número de árboles			
					Muertos (6)	Sin cambio (7)	Clases de diámetro	
							+ 5 cm (8)	+ 10 cm (9)
1	<i>Quercus sp.</i>	22	23.4	25			1	
2	<i>Quercus sp.</i>	22	muerto		1			
3	<i>Quercus sp.</i>	24.2	26.2	25		1		
4	<i>Quercus sp.</i>	24.5	muerto		1			
5	<i>Quercus sp.</i>	25.5	27.4	25		1		
6	<i>Quercus sp.</i>	25.8	26.5	25		1		
7	<i>Quercus sp.</i>	26.8	25.3	25		1		
Total					2	4	1	
Probabilidad					0.286	0.571	0.143	

Fuente: (Avery y Harould, 2002).

+ 5 cm: incremento de una categoría diamétrica.

+ 10 cm: incremento de dos categorías diamétricas.

El procedimiento que se utilizó para la realización de las tablas de probabilidad de cambio de estructura diamétrica fue de la siguiente manera.

Columna 1: se enumeran con números consecutivos el número de individuos que se encontraron que corresponden a la misma categoría diamétrica.

Columna 2: se identifica el nombre de la especie encontrada dentro del sitio de evaluación.

Columnas 3 y 4: son obtenidos de la medición de árboles individuales en sitios permanentes de muestreo.

Columna 5: es el resultado de la clasificación de los datos obtenidos en la columna 4 demostrando la categoría diamétrica a la que corresponda cada árbol.

Columnas 6, 7, 8 y 9: resultan de revisar la columna 3 y 4 donde se evalúa si existieron cambios de una evaluación a otra clasificando los valores obtenidos, si el árbol murió se coloca en la columna 6, si no tuvo ningún cambio significativo en la 7 y si hubo en columna 8 ó 9. Una vez obtenido esta evaluación se suman los valores en cada columna.

El cálculo de probabilidad se obtiene de dividir el número total de individuos obtenido en cada columna entre el número total de especies encontradas en el sitio el cual se registra en la columna 1.

3.4 Elaboración de tabla de proyección de crecimiento (producción) de rodales de *Picea martinezii*.

Para la elaboración de tablas de producción se utilizó un formato donde se calcularon los volúmenes que se tiene después de seis años de evaluación en las parcelas permanentes para cada población, siguiendo la metodología utilizada por Avery y Harould (2002) y realizando ajustes para obtener información más clara y completa sobre los datos obtenidos en los sitios de muestro (Cuadro 4), de esta manera tomar en cuenta los árboles incorporados durante el periodo de la primera y la segunda evaluación (2007-2013).

Cuadro 4. Proyección de crecimiento (producción) de rodales de *Picea martinezii* T.F. Patterson.

Especie (1)	d.a.p cm (2)	No. De árboles en 1000 m ² (3)	Altura por árbol (m) (4)	volumen por árbol m ³ (5)	probabilidad			número de árboles /1000 m ²			predicción número de árboles en 1000 m ² (12)	volumen (v2) en 1000 m ² (13)	volumen (v1) en 1000 m ² (14)
					clase del diámetro			clase del diámetro					
					Mortalidad (6)	0 cm (7)	5 cm (8)	Muerto (9)	sin cambio (10)	5 cm (11)			
<i>Quercus</i> <i>sp.</i>	30	2	22.6	0.839702277	0.5	0.5	0	1	1	0	2	1.6794046	1.6794046
<i>Quercus</i> <i>sp.</i>	25	7	19.9	0.61615322	0.286	0.571	0.143	2	4	1	6.5	4.0049959	4.3130725
<i>Quercus</i> <i>sp.</i>	20	7.5	9.76	0.241754992	0.533	0.133	0.333	4	1	2.5	3.5	0.8461425	1.8131624
<i>Quercus</i> <i>sp.</i>	15	19	7.71	0.143232402	0.237	0.632	0.132	4.5	12	2.5	12	1.7187888	2.7214156
<i>Quercus</i> <i>sp.</i>	10	0	5	0.061924947	0	0	0	0	0	0	2.5	0.1548124	0
<i>Quercus</i> <i>sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0	0	0
total		35.5						11.5	18	8.5	26.5	8.4041441	10.527055

Fuente: Avery y Harould (2002).

d.a.p.: diámetro tomado a 1.30 m de altura del árbol.

V2: volumen proyectado con los datos tomados en el año 2013.

V1: volumen proyectado con los datos tomados en el año 2007.

El procedimiento que se utilizó para la elaboración de las tablas de proyección de crecimiento (producción) de rodales de *Picea martinezii* fue de la siguiente manera:

Columna 1: se registra el nombre de la especie con que se trabaje.

Columna 2: categoría diamétrica a la altura del pecho ordenados de mayor a menor.

Columna 3: número de árboles obtenidos en el muestreo en sitios de 1000 m² en parcelas permanentes.

Columna 4: altura promedio para cada especie por categoría diamétrica obtenida del muestreo en sitios permanentes.

Columna 5: Datos obtenidos de una tabla de volumen para la especie que se estaba trabajando, para el caso de las especies que no se encontró una tabla de volumen se buscó una especie que compartiera características semejantes para así tener un volumen para dicha especie (Cuadro 5).

Cuadro 5. Modelos utilizados para estimación de volumen por especie.

Especie	Modelo	Autores
<i>Quercus sp.</i>	$\text{vol} = \text{Exp}[-9.48686252 + 1.82408096 + \text{Ln}(D) + 0.96892639 + \text{Ln}(HT)]$	Inventario Forestal Del Estado de Nuevo León, (1985)
<i>Pinus teocote</i>	$\text{vol} = \text{Exp}[-8.72641434 + 1.43032994 + \text{Ln}(D) + 1.19541675 + \text{Ln}(HT)]$	Inventario Forestal Del Estado de Nuevo León, (1985)
<i>Pinus estevezii</i>	$\text{Vol} = 0.35314 (D^2 HT)^{.98252}$	Velasco <i>et al</i> , (2007)
<i>Pinus ayacahuite</i>	$\text{Vol} = .3852 (D^2 HT)^{1.0209}$	Cumplido, (2002)
<i>Abies sp</i>	$\text{Vol} = 0.329747D^2H$	Gutiérrez, (2003)
<i>Pseudotsuga</i>	$\text{Vol} = \text{Exp}[-9.87472826 + 1.87766305\text{Ln}(DN) + 1.00933229\text{Ln}(HT)]$	Inventario Forestal Del Estado de Nuevo León, (1985)
<i>Picea martinezii</i>	$\text{Vol} = 0.00239D^2H + 0.06439$	Zianis <i>et al</i> ; (2005)
<i>Fresnillo</i>	$\text{Vol} = 0.015568 + .00057655DD + .021441H + 0.00032318(DDH)$	Loewe <i>et al</i> ; (1997)
<i>Liquidambar</i>	$\text{Vol} = -5.658 + 0.96634 * \text{Ln}(D^2 * H)$	Loewe y González, (1997)
<i>Arbutus halapensis</i>	$\text{Vol} = \text{Exp}[-9.50178450 + 1.82597723\text{Ln}(DN) + 0.98416091\text{Ln}(H)]$	Inventario nacional de Guatemala, (2005)

<i>Fagus, cornus</i>	Vol=0.108337266+0.000046499(D ² H)	Inventario nacional de Guatemala,(2005)
<i>Capulin, Carpinus</i>	Vol=0.108337266+0.000046499(D ² H)	Inventario nacional de Guatemala,(2005)
<i>Aillex, Ilex, Tilia, Sambucus</i>	Vol=0.108337266+0.000046499(D ² H)	Inventario nacional de Guatemala,(2005)
<i>Capulin, Nogalillo</i>	Vol=0.108337266+0.000046499(D ² H)	Inventario nacional de Guatemala,(2005)

Donde: Vol= volumen, D=diámetro normal, H= Altura total, Log= logaritmo natural

Columnas de la 6 a la 8 son datos obtenidos de la tabla del cálculo de probabilidad para cada especie y categoría diamétrica.

Columna 9: se obtiene de multiplicar la columna de número de árboles en 1000 m² (3) por la mortalidad (6).

Columna 10: se obtiene de multiplicar el número de árboles en 1000 m² (3) por 0 cm (7) donde expresa que no existió cambio durante el tiempo que pasó de la primera y la segunda evaluación.

Columna 11: se obtiene de multiplicar la columna 3 donde se muestra el número de árboles que se encontraron en el sitio de 1000 m² por la columna 8 que expresa el aumento de una categoría diamétrica durante el tiempo que pasó para la realización de la primera y segunda evaluación.

Columna 12: se obtiene de sumar la columna 10 más el valor de la columna 11 de un valor abajo.

Columna 13: se obtiene de multiplicar la columna que expresa el volumen por árbol (5) por la predicción del número de árboles en 1000 m² (12) obteniendo el volumen existente en 1000 m².

Columna 14: expresa el volumen que se tenía en la primera evaluación resultó de multiplicar el número de árboles en 1000 m² (3) multiplicado por el volumen por árbol (5).

3.5 Comparación de incrementos en volúmenes entre poblaciones

Se realizó el análisis de varianza en el paquete estadístico SAS (Stastical Analysis System v 9.1) utilizando el procedimiento MIXED. Se usó un modelo de

clasificación anidada con efectos mixtos para detectar diferencias en los incrementos de volumen entre poblaciones (Kuehl, 2001) y la opción LSMEANS para obtener las medias ajustadas debido al desbalance en el número de sitios muestreados en cada población (SAS Institute Inc., 2008).

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_i + a_{j(i)} + \varepsilon_{(ij)k}$$

Dónde:

Y_{ijk} = es el valor de la variable.

μ = es la media poblacional.

ρ_i = es el efecto de la i-ésima población.

$a_{j(i)}$ = es el efecto del j-ésimo sitio dentro de población

ε_{ijk} = es el error experimental.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Probabilidad de cambio de categorías por especie en cada población

4.1.1 Población Agua de Alardín, Aramberri, N. L.

De acuerdo a las probabilidades obtenidas por especie/población se observa que el *Picea martinezii* es la especie que tuvo mayores promedios en los incrementos con 91% a una categoría diamétrica; la especie que presenta una característica donde no ocurrió cambio de categoría diamétrica es *Pinus estevezii* con 41%, para el caso de mortalidad las especies que presentaron esta característica fueron *Quercus sp.* y *Pinus etevezii* con 15% y 5% respectivamente (Cuadro 6). Una de las posibles causas de la mortalidad en estas especies es la presencia de rocas desnudas en área donde se presentan pendientes muy accidentadas ocasionando daños en la corteza de las especies.

Los mayores promedios en porcentajes que se presentan en la población de Agua Fría es el *Picea martinezii* comparándolos con las demás especies encontradas en dicha población esto se debe a que no existe mortalidad en esta especie, así como hay un valor bajo en comparación a las demás especies que en un periodo de 7 años no muestran cambio alguno de cambios de categoría diamétrica, una de las razones que explica el aumento de este promedio es que la abundancia de esta especie es la mejor para Agua Fría con 45 individuos por hectárea siendo una de las abundancias mayores solo por debajo de *Quercus sp.* para esta población (Villalba, 2009). Para el caso de *Quercus sp.* que es la especie junto a *Pinus estevezii* que presentaron mortalidad se puede deber a los daños causados por rocas a la corteza ya que se encontraron desprendimientos de corteza de gran parte en la base de algunos árboles este porcentaje se justifica que cuenta con una abundancia alta en comparación a las demás especies dentro de la población; *Pinus estevezii* presenta el porcentaje mayor en la condición de sin cambio por ser una especie de muy lento crecimiento (Bravo y Montero, 2008).

Cuadro 6. Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, sin cambio e incremento a una categoría diamétrica por especie en la población de Agua Fría, Aramberri, N. L.

Especie	Condición encontrada		
	Mortalidad	Sin Cambio	Incrementó una categoría diamétrica
<i>Pinus teocote</i>	0%	16%	34%
<i>Quercus sp.</i>	15%	28.5%	56.5%
<i>Pinus estevezii</i>	5%	41%	5%
<i>Arbutus Xalapensis</i>	0%	16.5%	33.5%
<i>Picea martinezii</i>	0%	9%	91%
<i>Tilia americana</i>	0%	37.5%	12.5%
<i>Cornus urbiniana</i>	0%	22%	28%
<i>Sambucus</i>	0%	33.5%	16.5%
<i>Taxus globosa</i>	0%	0%	50%
<i>Ilex rubra</i>	0%	0%	50%
<i>Abies vejarii</i>	0%	24%	26%

4.1.2 Población La Encantada, Zaragoza, N. L.

Los resultados obtenidos en esta población muestran que *Pseudotsuga mensiezii* presentó el mayor incremento en una categoría diamétrica con 83.33%, mientras que *Quercus sp.* fue la especie que tuvo un valor más alto en la condición sin cambio con 73% y para el caso de la mortalidad las especies que presentaron esta condición fue *Abies vejarii* y *Quercus sp.* con 1.33% y .33% respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, sin cambio e incremento a una categoría diamétrica por especie en la población de La Encantada, Zaragoza, N. L.

Especie	Condiciones encontradas		
	Mortalidad	Sin Cambio	Incrementó una categoría
<i>Abies vejarii</i>	1.33%	30.33%	68.33%
<i>Quercus sp.</i>	.33%	73%	26.66%
<i>Picea martinezii</i>	0%	45.66%	54.33%
<i>Pinus ayacahuite</i>	0%	39.33%	60.66%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0%	16.66%	83.33%
<i>Taxus globosa</i>	0%	41%	33%
<i>Arbutus xalapensis</i>	0%	55.66%	11%
<i>Cornus urbiniana</i>	0%	33.33%	0%
<i>Carpinus caroliniana</i>	0%	0%	33.33%
<i>Pinus teocote</i>	0%	0%	66.66%

Por ser una especie de rápido crecimiento *Pseudotsuga menziesii* se justifica que presenta el porcentaje mayor dentro de la población con 83.33% (Bravo y Montero, 2008). *Quercus sp.* es la especie que en la condición de sin cambio muestra mayor porcentaje con el 73% en la población es debido a que es una especie de lento crecimiento (Bravo y Montero, 2008), la mortalidad muestra bajos porcentajes en comparación a las demás condiciones presentadas debido a que esta población presenta características favorables para el desarrollo de estas especies lo cual se encuentra ubicado al lado de arroyos por lo que existe gran presencia de humedad que permite que las especies aprovechen estas condiciones para su desarrollo.

4.1.3 Población Agua Fría, Aramberri, N. L.

En los promedios obtenidos para esta población se observa que la especie que tuvo repuesta más favorable en comparación a las encontradas en la misma es *Fagus gr. mx.* el cual tuvo un promedio de 4% de incremento en dos categorías diamétricas, la especie que tuvo mayor incremento en una categoría diamétrica es *Taxus globosa* con 50%, para la condición sin cambio *Abies vejarii* presenta el mayor valor en promedio con 54.2%, por último la condición mortalidad se presenta en *Picea martinezii*, *Abies vejarii* y *Sambucus nigra*, con 7.8%, 5.8% y 6.8% respectivamente (Cuadro 8).

Fagus gr. mx. presenta es la única especie que presenta la condición de incremento en dos categorías diamétricas esto se debe a que según (Bravo y Montero, 2008) es una especie de crecimiento rápido aunque el incremento que tuvo esta especie en una categoría diamétrica es de los más bajos en comparación a las demás especies encontradas en la población teniendo el promedio más alto *Taxus globosa* y *Picea martinezii* donde se puede explicar que es por la abundancia que presentan estas especies dentro de la población las cuales son 5% y 26% respectivamente lo que nos muestra que la presencia de estas especies en la población aumenta este promedio (Villalba, 2009). En la condición sin cambio la especie *Abies vejarii* presenta el porcentaje mayor con respecto a las demás especies encontradas por ser una especie de lento crecimiento lo que en un periodo de 7 años que diferencia un período de evaluación de otro no se alcanza apreciar los incrementos de esta especie. La mortalidad de estas especies se puede justificar por la sequía que se presentó en octubre 2010 hasta abril de 2011 afectando gran parte del país, donde uno de los principales estados con mayor afectación fue el estado de Nuevo León (Giner *et al.*, 2011).

Cuadro 8. Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, sin cambio, incremento a una categoría diamétrica e incremento a dos categorías diamétricas por especie en la población de Agua Fría, Aramberri, N. L.

Especies	Mortalidad	Condiciones encontradas		
		Sin cambio	Incrementó en una categoría	Incremento en dos categorías
<i>Picea martinezii</i>	7.8%	48.4%	43.8%	0%
<i>Abies vejarii</i>	5.8%	54.2%	20%	0%
<i>Pinus estevezii</i>	0%	25.8%	14.2%	0%
<i>Fagus grandifolia</i> var. mexicana	0%	40.6%	15.4%	4%
<i>Quercus sp.</i>	0%	24.4%	15.6%	0%
<i>Aillex</i>	0%	20%	0%	0%
<i>Cornus urbiniana</i>	0%	40%	0%	0%
<i>Taxus globosa</i>	0%	10%	50%	0%
<i>Ilex rubra</i>	0%	4.8%	35.2%	0%
<i>Fraxinus americana</i>	0%	20%	20%	0%
<i>Caria ovata</i>	0%	33.4%	6.6%	0%
<i>Sambucus nigra</i>	6.8%	6.6%	26.6%	0%
<i>Liquidambar styraciflua</i>	0%	13.4%	6.5%	0%
<i>Prunus cerotina</i>	0%	0%	20%	0%
<i>Tilia americana</i>	0%	20%	20%	0%

4.2 Crecimiento e incremento en volumen por población

Los incrementos encontrados en las tres poblaciones naturales de *Picea martinezii* T. F. Patterson fueron evaluadas las cuales se observan en metros cúbicos, anuales, por hectárea donde se muestra que los mejores incrementos encontrados son en la población de La Encantada con un promedio de 18.6982 m³/ha año (Cuadro 9). La población que presentó un incremento promedio menor

en comparación a las otras poblaciones fue Agua de Alardín con un decremento de $-4.9484 \text{ m}^3/\text{ha}$ año (Cuadro 10).

4.2.1 Crecimiento e incremento en la población Agua de Alardín, Aramberri, N. L.

En la población de Agua de Alardín se presentó un decremento en volumen del promedio obtenido en la población con $-4.9484 \text{ m}^3/\text{ha}$ año (Cuadro 9), esto debido a que las especies *Pinus teocote* y *Quercus sp.* muestran promedios negativos donde la primera mencionada tiene una gran diferencia con los incrementos que tienen las demás especies. De acuerdo a un estudio realizado en el año 2011 de la Comisión Nacional de Zonas Áridas sobre el análisis de sequías en todo el norte de México (Giner *et al*, 2011) muestra que para el estado de Nuevo León las condiciones fueron de sequía extrema (D-3) durante el periodo de octubre de 2010 hasta abril de 2011 donde de esta forma se explica algunas causas por las que el *Pinus teocote* mostró este decremento mientras que el *Quercus sp.* durante las evaluaciones en campo se pudieron observar daños severos a causa de incendios o daños a la corteza por rocas lo que explica que estos decrementos en estas especies tengan esta respuesta.

4.2.2 Población La Encantada, Zaragoza, N. L.

De las poblaciones evaluadas en La Encantada se observan mayor promedio de incremento en volumen en comparación a las otras dos con un incremento promedio de $18.6982 \text{ m}^3/\text{ha}$ año donde la única especie que se presenta un decremento es el *Pinus teocote* con $-0.5555 \text{ m}^3/\text{ha}$ año (Cuadro 10), al igual que la población de Agua de Alardín se explica que la sequía extrema del mes de octubre de 2010 hasta abril del 2011 que afectó al estado de Nuevo León y por consecuencia algunas muertes por plagas que surgieron por las mismas causas justifican estos decrementos de dicha especie. La especie que mejores incrementos presenta es el *Quercus sp.* esto se debe a que como existen mayor

número de individuos tiende a presentar incrementos mayores en promedio en toda la población.

Cuadro 9. Promedio en crecimiento e incremento en volumen por población en Agua de Alardín, Aramberri, N.L.

Especie	Rango *d.a.p (cm)	Número de árboles en 1000 m ²	Volumen en 1000 m ² en 2013 (m ³)	Volumen en 1000 m ² en 2007 (m ³)	Incremento en un periodo de 6 años (m ³ ha ⁻¹)	Incremento en volumen anual (m ³ ha ⁻¹)
<i>Quercus sp.</i>	0-45	23.5	7.3754	8.0573	-0.6819	-0.1137
<i>Arbutus xalapensis</i>	20-40	1.5	1.2668	1.0497	2.1710	0.3618
<i>Pinus Teocote</i>	0-60	5.75	2.0396	7.5450	-55.0540	-9.1757
<i>Picea martinezii</i>	10-70	3.25	0.4871	0.4767	0.1040	0.0173
<i>Pinus estevezii</i>	05-60	2.75	3.3873	2.3906	9.9670	1.6612
<i>Tilia americana</i>	20-55	2	3.3623	2.5390	8.2330	1.3722
<i>Cornus urbiniana</i>	10-50	4	1.6288	1.3526	2.7620	0.4603
<i>Ilex Rubra</i>	20	.5	0.2076	0.2076	0.0000	0.0000
<i>Sambucus nigra</i>	0-10	1.25	0.4529	0.1720	2.8090	0.4682
Total						-4.9484

*d.a.p.= diámetro tomado a 1.30 m de altura del árbol.

4.2.3 Población Agua Fría, Aramberri, N. L.

El promedio que se presenta en Agua Fría es de 5.7318 m³/ha año donde la especie que tuvo mejores incrementos es *Carya ovata* (Cuadro 11); esto se debe por ser una especie de rápido crecimiento (Bravo y Montero, 2008) , las especies dentro de la población que tuvieron decrementos fueron *Picea martinezii* y *Sambucus nigra*, esto debido a la falta de precipitación durante el periodo de sequía en el mes de octubre de 2010 hasta abril de 2011 presentándose en Nuevo León los efectos extremos para junio de 2011 donde la sequía afectos a estas

especies por encontrarse en área más expuesta a presentarse la sequía más rápido.

Cuadro 10. Promedio en crecimiento e incremento en volumen por población en La Encantada, Zaragoza, N.L.

Especie	Rango *d.a.p (cm)	Número de árboles en 1000 m ²	Volumen en 1000 m ² en 2013 (m ³)	Volumen en 1000 m ² en 2007 (m ³)	Incremento en un periodo de 6 años (m ³ ha ⁻¹)	Incremento en volumen anual (m ³ ha ⁻¹)
<i>Abies Vejarii</i>	0-45	37.5	24.3641	21.9587	24.0540	4.0090
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	15-35	2	1.3251	1.1430	1.8210	0.3035
<i>Taxus globosa</i>	0-30	41.50	5.2112	2.8874	23.2380	3.8700
<i>Quercus sp.</i>	0-60	119.83	14.2607	8.9329	53.2780	8.8797
<i>Pinus ayacahuite</i>	0-65	29.66	8.2595	7.1888	10.7070	1.7845
<i>Picea martinezii</i>	0-60	27.16	0.7189	0.5787	1.4020	0.2337
<i>Arbutus xalapensis</i>	0-05	1.83	0.1153	0.0371	0.7820	0.1303
<i>Pinus Teocote</i>	10	0.66	0.1345	0.4678	-3.3330	-0.5555
<i>Cornus urbiniana</i>	5	0.33	0.0364	0.0364	0.0000	0.0000
<i>Carpinus caroliniana</i>	10-15	0.6667	0.1176	0.0918	0.2580	0.0430
Total						18.6982

*d.a.p.= diámetro tomado a 1.30 m de altura del árbol.

Los trabajos realizados que expresen los incrementos en poblaciones de *Picea martinezii* son escasos pero existe un trabajo realizado en Ixtlan de Juárez en el estado de Oaxaca (Cruz, 2011), donde se muestran incrementos sobre bosques de *Pinus* en un periodo de 1993 y 2003, en base a este trabajo se puede decir que los incrementos obtenidos en este trabajo son bajos en algunos casos pero muy semejantes en algunos *Pinus* de la misma manera los incrementos en especies latifoliadas son muy bajos los incrementos obtenidos en este trabajo comparándolo con las especies encontradas en el trabajo realizado en Oaxaca.

Cuadro 11. Promedio en crecimiento e incremento en volumen por población en Agua Fría, Aramberri, N.L.

Especie	Rango *d.a.p (cm)	Número de árboles en 1000 m ²	Volumen en 1000 m ² en 2013 (m ³)	Volumen en 1000 m ² en 2007 (m ³)	Incremento en un periodo de 6 años (m ³ ha ⁻¹)	Incremento en volumen anual (m ³ ha ⁻¹)
<i>Picea martinezii</i>	0-85	12.70	0.5042	0.5205	-0.1630	-0.0272
<i>Abies Vejarii</i>	0-60	14.70	3.0553	2.4643	5.9100	0.9850
<i>Pinus estevezii</i>	0-50	1.5	0.5613	0.2929	2.6840	0.4473
<i>Fagus grandifolia</i> var. mexicana	30-80	2.6	6.5226	5.3163	12.0630	2.0105
<i>Quercus sp.</i>	0-65	6.3	2.8518	2.5499	3.0190	0.5032
<i>Carpinus caroliniana</i>	20-25	0.40	0.2189	0.1512	0.6770	0.1128
<i>Aillex</i>	15-25	0.60	0.2098	0.2098	0.0000	0.0000
<i>Taxus globosa</i>	20-25	0.80	0.2075	0.1875	0.2000	0.0333
<i>Ilex Rubra</i>	15-35	5.10	1.9779	1.8306	1.4730	0.2455
<i>Fraxinus americana</i>	35-40	1.2	0.5761	0.4737	1.0240	0.1707
<i>Caria Ovata</i>	0-35	7.8	1.7054	1.0420	6.6340	1.1057
<i>Sambucus nigra</i>	05-15	1.5	0.2613	0.2908	-0.2950	-0.0492
<i>Liquidambar styraciflua</i>	35-50	0.60	0.0268	0.0243	0.0250	0.0042
<i>Prunus cerotina</i>	25	0.20	0.0905	0.0905	0.0000	0.0000
<i>Tilia americana</i>	50-55	0.20	0.5843	0.4703	1.1400	0.1900
Total						5.7318

*d.a.p.= diámetro tomado a 1.30 m de altura del árbol.

En el trabajo realizado por Zepeda y Domínguez en el estado de Chihuahua sobre el incremento y rendimiento maderable de *Pinus arizonica* muestran que los incrementos para esta especie alcanzan hasta 10 m³/ha año lo cual si lo comparamos con el incremento promedio que se encontró en las tres poblaciones evaluadas solo La Encantada supera este incremento mencionando que en la

población de este trabajo se mezclan especies dentro de la población no solamente el género *Pinus*. Si se compara solamente con el incremento que tuvo *Pinus* los incrementos que se observan son muy bajos en comparación a los que presenta *Pinus arizonica* en el estado de Chihuahua.

Villalba en su trabajo de diversidad estructural de especies leñosas en poblaciones de *Picea martinezii* menciona que La Población de Agua Fría es la que presenta menor abundancia es por eso que se explica que los incrementos en volumen son menores en esta población.

4.3 Comparación de los incrementos en volumen entre poblaciones

En base al análisis de varianza de los incrementos por sitio en las poblaciones obtenido con el modelo anidado con efectos mixtos y su comparación de medias en el paquete SAS y su comparación de media se observa en el Cuadro 12 que las diferencias se presentan principalmente entre La Encantada y Agua Fría.

Cuadro 12. Comparación de medias entre poblaciones de *Picea martinezii*

Población	Media Estimada	Diferencia entre poblaciones	
Agua de Alardín	12.4835	A	B
La Encantada	20.5653	A	
Agua Fría	5.7320		B

Podemos señalar que dichas diferencias entre La Encantada y Agua Fría se deben principalmente que durante el periodo del 2007 al 2013 se presentó mortalidad principalmente para la especie *Pinus teocote* y *Quercus sp.* Por la sequía que se presentó en esta región durante el periodo de octubre del 2010 hasta el mes de abril de 2011, como anteriormente se discutió. Además esta diferencia es consecuencia de la densidad de arbolado presente en La Encantada y el cambio de categorías diamétricas por las especies presentes.

Los trabajos de sitios permanentes en bosques sin tratamientos silviculturales son escasos y en estos estudios por lo general los incrementos en área basal en un periodo alrededor de diez años tienden a aumentar como es el caso del estudio realizado por Cid Lendínez *et al;*(2013). Sin embargo en bosques con tratamientos silviculturales como es el caso del trabajo realizado por Cruz-Jiménez (2012) muestra que las diferencias negativas registradas se deben a que en algunos de los rodales se llevó a cabo la aplicación de cortas, lo cual se refleja en la disminución de los incrementos.

5 CONCLUSIONES

- a) Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna ya que el incremento en volumen de *Picea martinezii* y especies asociadas se ve afectado por la incorporación y la mortalidad.
- b) Los incrementos en volumen en las poblaciones evaluadas fueron modificados principalmente por la sequía presente durante el periodo de evaluación.
- c) La población de La Encantada tiene mejores incrementos en volumen y es diferente a las poblaciones Agua de Alardín y Agua Fría.
- d) *Pinus teocote* fue la especie con menor incremento en volumen de las poblaciones por la mortalidad presentada.

6 RECOMENDACIONES

- a) Elaborar tablas de volumen para *Picea martinezii* y especies asociadas encontradas en estas áreas para de esta manera calcular volúmenes más precisos y evitar el uso de tablas de volumen que puedan sobreestimar o subestimar el volumen.

- b) Seguir realizando el monitoreo de poblaciones naturales de *Picea martinezii* y aumentar el tamaño de muestra para conocer la variación de efectos climáticos y su crecimiento en otras poblaciones reportadas de esta especie; con el propósito de tomar decisiones oportunas en la conservación de la especie.

7 LITERATURA CITADA

- Aguirre C., O. A. Jiménez, P. J., Kramer, H. y A. Akca. 2003. Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo, León, México. *Ciencia UANL* 6(2): 219-225.
- Alanís, G. J.; C. G. Velazco, R. Foroughbakhch, V. Valdez y M. A. Alvarado, 2004. Diversidad florística de Nuevo León: especies en categoría de riesgo. *Ciencia* 7 (2): 209-218.
- Avery, T. E. y B. Harould E. 2002. *Forest measurements*. Mc Graw-Sill. (Fifth edition) 5 th ed. Boston Burr Ridge. 45 p.
- Bravo, A. y G. Montero. 2008. Descripción de las características culturales de las principales especies forestales de España. 2008. INIA y FUCOVASA. Madrid, España. 178 p.
- Capó-Arteaga, M. A., S. Valencia-Manzo, C. Flores-López y S. Braham-Sabag. 1997. Informe final de actividades del proyecto autoecología del género *Picea* en Nuevo León. Presentado a: Consejo Consultivo Estatal para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 160 p.
- Cid-Lendíz, D., M. C. Iturbide, P. A. Araujo y C. Gonzales García. 2013. Crecimiento del área basal en parcelas permanentes de inventario forestal continuo. *Universidad Nacional de Santiago del Estero*. Quebracho, 21(1,2):115-120.
- Conabio. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 339 p.
- Conabio. 2000. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. [En línea]. 24 de septiembre de 2014. Disponible en: [http:// www. Conabio.gob.mx/conocimiento/estrategia_nacional/doctos/pdf/ENB.pdf](http://www.Conabio.gob.mx/conocimiento/estrategia_nacional/doctos/pdf/ENB.pdf)
- Cruz J., G. 2012. Análisis del sistema silvicultural y su efecto sobre los rendimientos maderables en Capulálpam de Juárez, Oaxaca. Tesis

- profesional. Universidad de la Sierra Juárez. Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. 66 p.
- Cumplido O., R. 2002. Tablas de volúmenes y de incrementos para tres especies del género *Pinus* de tres predios del estado de Chihuahua, México. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México. Inédito.
- Del Águila. L.F. 2007. Programa de monitoreo del parque nacional y área natural de manejo integral Amboró. Editorial Fan. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 62 p.
- Del Río M.; F. Montes., I. Callegas y G. Montero 2003. Revisión: Índice de diversidad estructural en masas forestales. Madrid España. 177 p.
- Flores-López C., J. López-Upton y J. J. Vargas-Hernández. 2005. Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez, *Agrociencia*, 39: 117-126.
- Flores-Rodríguez, L. J. 1983. Situación actual de los estudios de crecimiento en masas forestales en México. *In*: primera reunión sobre modelos de crecimiento de árboles y masas forestales. SARH. INIF. pp. 5-8
- Giner R. A., L. C. Fierro y F. L. Negrete. 2011. Análisis de la problemática de la sequía 2011-2012 y sus efectos en la ganadería y agricultura de temporal. Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA). Saltillo, Coahuila. 12 p.
- Giner R. A., L. C. Fierro y L. F. Negrete. 2011. Análisis de la problemática de la sequía 2011-2012 y sus efectos en la ganadería y la agricultura de temporal. Comisión Nacional de Zonas Áridas, Coahuila, México. 12 p.
- Gutiérrez G., G. 2003. Análisis dendrocronológico y económico de *Abies vejari*, *Pinus hartwegii*, *Pinus strobiformis*, y *Pinus teocote* en la Sierra de Peña Nevada, Nuevo León. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolas de los Garza, Nuevo León, México. Inédito.
- Inventario Nacional de Guatemala. 2003. Evaluación Nacional Forestal. Programa nacional de Guatemala. 129 p.
- Klepac, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 365 p.

- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2a. ed. Universidad Autónoma Chapingo, México. 279 p.
- Krebs, Ch. J. 1999. Ecological methodology. University of British, Columbia. Ed. Addison Wesley Logman. EUA. 620 p.
- Kuehl, R. O. 2001. Diseño de experimentos, principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. 2ª. ed. Ed. Thomson Learning. México D.F. 666 p.
- Ledig, F. T., V. Jacob-Cervantes, P. D. Hodgskiss y T. Eguiluz-Piedra. 1997. Recent evolution and divergence among populations of rare mexican endemic, Chihuahua spruce, following Holocene climatic warming. *Evolution* 51 (6): 1815-1827.
- Ledig, F. T.; B. Bermejo-Velázquez; D. P. Hodgskiss; R. D. Johnson; C. Flores López; V. Jacob-Cervantes, 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.; M. Mapula-Larreta; B. Bermejo-Velázquez; V. Reyes-Hernández; C. Flores-López; M. A. Capo-Arteaga, 2000a. Locations of endangered spruce populations in Mexico and the demography of *Picea chihuahuana*. *Madroño*, 47(2): 71-88.
- Loewe M., V.; C. Delard, M. Subiri. 1997. Silvicultura de Especies no Tradicionales: Una Mayor Diversidad Productiva, Fresno (*Fraxinus excelsior*). Monografía. Instituto Forestal (INFOR). Santiago. 61 p.
- Loewe M., V.; M. González. 1997. Silvicultura de Especies no Tradicionales: Una Mayor Diversidad Productiva, Liquidambar (*Liquidambar styraciflua*). Monografía. Instituto Forestal (INFOR). Santiago. 55 p.
- Manzanero M., Pinelo G. 2004. Plan silvicultural en unidades de manejo forestal. Mora E.WWF Centroamérica.49 p. [Fecha de consulta: 04 febrero 2014] Disponible en:<http://biblioteca.catie.ac.cr:5050/repositorioforestal/bitstream/123456789/6363/1/Plan%20silvicultural%20en%20unidades%20de%20manejo%20forestal.pdf>.

- Manzanilla, H. 1993. Los sitios permanentes de investigación silvícola, un sistema integrado para indicarse en el cultivo de los ecosistemas forestales. Bol. Tec. Inst. nal. Invest. For. No. 116. México. 99p.
- 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.
- Partida, M., J.A. 2007. Diversidad y estructura del manglar en el estado de chupadero, Tecomán, Colima. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Saltillo, Coahuila, México. 68 p.
- Patterson, T. E. 1988. A new species of *Picea* (Pinaceae) from Nuevo León, México. Sida 13: 131-135.
- Priego, A., Morales, H., Fregoso, A., Márquez, R. y H. Cotler. 2003. Diagnóstico biofísico. *In*: Diagnóstico bio-físico y socio-económico en la cuenca Lerma-Chapala. INE, Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y conservación de Ecosistemas. 13-84 pp. [En línea]. 23 de septiembre de 2014. Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/diag_lerma_chapala.pdf
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F. y P. Real. 1997. Estructura de rodales. *In*: Prodan, M., Peters, R., Cox, F. y P. Real. (eds.). Mensura forestal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José Costa Rica. P. 407-430.
- Rangel-Ch, J.O., y A. Velázquez, 1997. Métodos de estudio de la vegetación. *In*: Rangel-Ch, J.O., P. Lowy-C, M. Aguilar-P. (eds.), Diversidad Biótica II. Tipos de Vegetación en Colombia. Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (IDEAM)- Ministro del Medio Ambiente, Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico-CINDEC.U.N, Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá, D.C. pp. 59-87.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Rzedowski, J., 1978. Vegetación de México. Limusa, México 472 p.

- Rzedwski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 p.
- Sánchez, O., R. Medellín. A. Aldama, B. Goettsch, J. Soberón y M. Tambutti. 2007. Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto de Ecología de la Universidad Autónoma de México y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D.F. 173 p.
- SARH-SFF. 1979. Instructivo de campo para medición y remediación en inventarios forestales continuos. Información Técnica del Inventario Forestal No. 2, Vol. 1, Año 1. México. 75 p.
- SAS Institute Inc. 2008. SAS/STAT® 9.2 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 4086 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1983. Inventario forestal del estado de Nuevo León, México, D.F., núm. 52.12 p.
- 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]. 16 de enero de 2014. Disponible en: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf
- Sutton, D.B. y N.P. Harmon. 1995. Estructura y función de los ecosistemas. 17ª edición. *In*: Sutton, D.B. y N.P. Harmon. Fundamentos de la ecología. Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega editores. México D.F. p. 235-243.
- Valdez, H., J.I. 2002. Aprovechamiento forestal de manglares en el estado de Nayarit, Costa Pacífica de México. Madera y Bosque. Número especial: 129-145.
- Valdez, T, V.; 2008. Órgano de difusión del departamento y cuerpo académico de Botánica, FCB-UANL. Planta 6: 20 p.

- Valdez, T. V.; P. Foroughbakhch, R. y C. de La Garza, J. 2004. Criterios fitogeográficos en la redelimitación del Parque Nacional Cumbres de Monterrey. *Ciencia, UANL* 7(1): 29-34.
- Velasco, B, E.; S. Madrigal, I. Vázquez, F. Moreno y A. González. 2007. Tablas de volumen con corteza para *Pinus douglasiana* y *Pinus pseudostrobus* del sur-occidente de Michoacán. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF) – INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 115 p.
- Villalba L., R. E. 2009. Diversidad y estructura de especies leñosas en poblaciones de *Picea martinezii* T. F. Patterson en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 82 p.
- Zepeda B., E. M. y A. Domínguez. 1998. Niveles de incremento y rendimiento maderable de poblaciones de naturales de *Pinus arizonica* Engl., de El Poleo, Chihuahua. Instituto de Ecología, A. C. México. Universidad de Chapingo. Estado de México. Pp 27-39.
- Zianis, D., Muukkonen, P., Mäkipää, R. & Mencuccini, M. 2005. Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica Monographs* 4. 63 p.