

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Incremento en Volumen del Arbolado en Sitios Permanentes Establecidos en Poblaciones de *Picea mexicana* Martínez en México

Por:

**LORETO EDELMIRA CHAPARRO GÓMEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO FORESTAL

Incrementos en Volumen del Arbolado en Sitios Permanentes Establecidos en  
Poblaciones de *Picea mexicana* Martínez en México

Por:

**LORETO EDELMIRA CHAPARRO GÓMEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

Aprobada

Dr. Celestino Flores López

Asesor Principal

M. C. José Aniseto Díaz Balderas  
Coasesor.

M. C. Salvador Valencia Manzo  
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 38-111-3613-2122 a cargo del profesor investigador Dr. Celestino Flores López.

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado de manera muy especial a mis padres por siempre brindarme su apoyo incondicional para que pudiera llegar a formarme profesionalmente, por ser ellos un ejemplo de lucha y valentía, sembrando en mí los deseos de hacer realidad mi sueño y que gracias a ellos hoy lo veo realizado. Por enseñarme que la clave del éxito está en nunca darse por vencido y que aunque siempre habrá momentos difíciles, mientras se luche con fe y dedicación conseguiremos llegar a la meta deseada.

José Antonio Chaparro Portillo

Elisa Gómez Vázquez

A mis hermanos Iris Chaparro G., Francisco Javier Chaparro G., Blanca Judith Chaparro G. y Axel Alfredo Chaparro G. por estar siempre pendiente durante mi estancia en la Universidad, por recibir de ellos ese cariño y respaldo de hermanos que simplemente es especial y que sin importar las circunstancias ellos estuvieron ahí en los momentos de flaqueza para recordarme que no estaba sola.

A mis sobrinitos Alexander, Aridaí, Alejandro, Dariana y Mileidi porque de ellos he recibido el cariño más tierno que jamás hubiera imaginado.

De una manera muy grata a mi abuelita paterna Carmen Portillo Bojórquez (+) porque sé que desde el cielo ella comparte la satisfacción de verme realizada profesionalmente y porque en vida me brindó un cobijo especial cuando yo tenía momentos de tristeza y desesperanza, sobretodo también porque solía ser mi confidente y con sus palabras de consuelo siempre lograba hacerme sentir mejor.

A mi abuelita materna María Gómez Ávila por su cariño de siempre, por esperar lo mejor de mí y estar pendiente de mi preparación profesional. Por mostrar ese ejemplo de valentía pese a cada situación dolorosa que le ha tocado vivir.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por regalarme lo más preciado que tengo, la oportunidad de vivir, y por guiarme en el camino que hasta hoy me ha permitido recorrer llenándome de bendiciones.

A mi "*Alma Mater*", la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme abierto las puertas de sus instalaciones para que yo pudiera formarme profesionalmente siendo un medio muy importante en cumplir una meta más en mi vida.

Al Departamento Forestal de la Universidad y a todo el personal del Programa Docente que en el labora por sus conocimientos trasmitidos y que sin duda serán una herramienta básica en mi ámbito laboral.

Al Dr. Celestino Flores López por su disposición de tiempo para brindarme la asesoría necesaria durante la realización de este trabajo, desde las actividades realizadas en campo hasta lo que enmarca los resultados obtenidos.

Al M. C. José Aniseto Díaz Balderas por su tiempo dedicado en la revisión de este documento y por sus aportaciones para mejorarlo.

Al M.C Salvador Valencia Manzo por apoyarme en la revisión de este trabajo y por contribuir en la mejora del mismo.

A mi novio Juan Gerardo Pérez López quien actualmente ha llegado a formar parte de mi vida de una manera muy especial, pues me ha brindado el sentimiento más lindo y el amor, siendo éste una motivación más para seguir adelante. Por todos esos momentos increíbles que me ha regalado haciendo que cada día a su lado esté lleno de felicidad.

A mis compañeros Gabriel Eduardo Cervantes Ángel, Juan Hernández Pachuca, Alejandro García Martínez, Judith Villanueva Peña, Santos Cruz Ortiz, Filiberto Rosas López, Isael Maximiliano Fernández Galindo y Adín Helber Velázquez Pérez por apoyarme en las evaluaciones realizadas en campo.

A mis amigos que por los momentos compartidos en diferentes etapas de mi vida dejan una huella para siempre Filiberto Rosas López, Brianda Alejandra Rentería Garza, Alma Calvillo Palominos, Esmeralda Montiel Uribe, Cesilia Hernández Pérez, Luisa Francisco, Juan Carlos Urueta Chaparro y Josué López Samaguey. Muchas gracias por su amistad, los tendré siempre presente.

A cada uno de mis compañeros de la generación CXVII por compartir estos cinco años en los que pude vivir momentos muy gratos de los que guardare lindos recuerdos.

## NDICE

Página

INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 objetivo.....	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Descripción de <i>Picea mexicana</i> Martínez.....	5
2.2 Importancia de evaluar especies en riesgo .....	6
2.3 Estructuras de poblaciones .....	6
2.4 Crecimiento de coníferas.....	8
2.5 Monitoreo de poblaciones.....	10
2.6 Importancia del manejo forestal.....	11
2.7 Tablas de producción .....	12
2.8 Legislación que existe respecto a especies en riesgo .....	13
2.9 Estudios de <i>Picea mexicana</i> .....	13
3 MATERIALES Y MÉTODOS .....	14
3.1 Descripción de las poblaciones de <i>Picea mexicana</i> .....	15
3.1.1 Localización.....	15
3.1.2 Aspectos ecológicos.....	16
3.2 Establecimiento de sitios permanentes.....	18
3.2.1 Segunda evaluación en los sitios permanentes.....	19
3.3 Elaboración y cálculo de tabla de proyección de crecimiento en volumen de rodales de <i>Picea mexicana</i> Martínez.....	20
3.3.1 Cálculo de probabilidades para cambios de categoría diamétrica... 20	
3.3.2 Cálculo de incremento para las clases diamétricas.....	21

3.4 Cálculo de incremento anual en volumen por hectárea por poblaciones	22
4.1 Probabilidades de cambio de categorías por especie en cada	
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
población.....	26
4.1.1 Probabilidades de cambio de categorías por especie en la población La Marta, Rayones, Nuevo León.....	26
4.1.2 Probabilidades de cambio de categorías por especie en la población El Coahuilón, Arteaga, Coahuila.....	28
4.1.3 Probabilidades de cambio de categorías por especie en la población El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.....	30
4.2 Crecimiento e incremento en volumen por población.....	31
4.2.1 Crecimiento e incremento en volumen en la población de La Marta, Rayones, Nuevo León.....	32
4.2.2 Crecimiento e incremento en volumen en la población El Coahuilón, Arteaga, Coahuila.....	33
4.2.3 Crecimiento e incremento en volumen en la población El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.....	34
4.3 Comparación de incrementos en volumen entre poblaciones .....	35
5 CONCLUSIONES.....	38
6 RECOMENDACIONES .....	39
7 LITERATURA CITADA.....	40
ANEXOS .....	47
APÉNDICE .....	60



## ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Localización de las tres poblaciones de <i>Picea mexicana</i> en Nuevo León, Coahuila y Chihuahua	15
Cuadro 2	Aspectos ecológicos de las poblaciones de <i>Picea mexicana</i> Martínez en los estados de, Nuevo León, Coahuila y Chihuahua.	17
Cuadro 3	Años en que se llevó a cabo la primera y la segunda evaluación en cada una de las poblaciones de <i>Picea mexicana</i> Martínez.	19
Cuadro 4	Cálculo de probabilidades de cambios en categorías diamétricas.	20
Cuadro 5	Cálculo de incremento para las clases diamétricas	23
Cuadro 6	Modelos utilizados para calcular el volumen	26
Cuadro 7	Parámetros obtenidos para calcular alturas	24
Cuadro 8	Incremento en volumen anual por hectárea por sitio permanente	24
Cuadro 9	Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, con cambio de una categoría, sin cambio de una categoría en la población La Marta, Rayones, Nuevo León.	27
Cuadro 10	Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, con cambio de una categoría, sin cambio	

	de una categoría en la población El Coahuilón, Arteaga, Coahuila.	28
Cuadro 11	Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, con cambio de una categoría, sin cambio de una categoría en la población El Mohinora.	30
Cuadro 12	Incremento promedio anual por ha en volumen por especie en la población la Marta, Rayones, Nuevo León	32
Cuadro 13	Incremento promedio anual por ha en volumen por especie en la población El Coahuilón, Arteaga, Coahuila	33
Cuadro 14	Incremento promedio anual por ha en volumen por especie en la población El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua	34
Cuadro 15	Comparación de cuadrados mínimos entre poblaciones	36
Cuadro 16	Cuadrados medios del análisis de varianza del incremento promedio anual por hectárea entre sitios de poblaciones de <i>Picea mexicana</i> Martínez.	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación de las poblaciones de <i>Picea mexicana</i> Martínez	16
----------	--	----

## RESUMEN

*Picea mexicana* Martínez es la especie más rara de este género pues se localiza en sólo tres lugares de México. Son pocos los estudios que se han realizado de esta especie en aspectos de protección y conservación, dónde una de las actividades más importantes es el monitoreo periódico de las poblaciones. Es por esta razón que el objetivo de este trabajo es comparar los incrementos en volumen de las poblaciones de *Picea mexicana* con sus especies asociadas, considerando la incorporación y mortalidad en sitios permanentes.

Los sitios permanentes evaluados fueron seis tanto en la población La Marta, Rayones, Nuevo León, El Coahuilón, Arteaga, Coahuila y El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua, con diez sitios, durante los periodos 2008-2012, 2008-2013 y 2006-2013 respectivamente. Se realizó una tabla de proyección de volumen considerando las probabilidades de cambio de categoría diamétricas, después se calculó el volumen por sitios teniendo como base ecuaciones de tablas de volumen ya existentes y por último en el programa SAS se realizó un análisis de varianza para hacer una comparación de incrementos en volumen entre cada una de las poblaciones.

Los resultados obtenidos muestran que no hubo diferencia significativa en incremento de volumen entre poblaciones de *Picea mexicana* con respecto a la primera evaluación debido a la escasa incorporación de arbolado que en gran parte se debe a la ocurrencia de sequías ocurridas en los últimos años.

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

## ABSTRACT

*Picea mexicana* Martinez is the rarest species of this genus because it is located in only three places in Mexico. Few studies that have been made of this species in aspects of protection and conservation, where one of the most important activities is the periodic monitoring of populations. It is for this reason that the objective of this study is to compare the volume increases in *Picea mexicana* populations with their associated species considering incorporating mortality in permanent sites.

The permanent sites were six both The Marta, Rayones, Nuevo León, and The Coahuilon, Arteaga, Coahuila populations and in The Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua, where ten sites during the periods 2008-2012, 2008-2013 and 2006-2013 respectively. A table projected of volume was made considering the probabilities diameter change category, alter the volume was calculated on the basis of sites tables equations existing volume and finally in the program SAS analysis of variance was performed to make a increases in volume comparison between each of the populations.

The results show that there was no significant difference in volume increase among populations of *Picea Mexicana* with respect to the first evaluation due to poor recruitment of trees that in large part due to the occurrence of droughts in recent years.

.Key words: *Picea mexicana*, permanent sites, increment in volume.

## 1 INTRODUCCIÓN

El género *Picea* es en gran parte desconocido en México ya que solo existen tres especies como lo es *Picea chihuahuana* Martínez, *P. mexicana* Martínez y *P. martinezzi* Patterson, las cuales se encuentran en poblaciones pequeñas y fragmentadas, considerándose como relictos (Ledig, 2012). Dichas especies se encuentran en categoría de peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

Es de gran relevancia mencionar que el género *Picea* en México ha sido afectado profundamente por el cambio climático en el pasado, ya que crece en lugares frescos, templados y bosques montanos. *P. chihuahuana*, en particular, se desarrolla sobre todo en los sitios expuestos a la luz directa del sol en contadas horas del día, por lo general en la parte inferior de los arroyos o al pie de barrancas en elevaciones entre aproximadamente 2,100 y 3,000 msnm; *P. martinezzi* se encuentra aproximadamente entre ,800 y 2,500 msnm y *P. mexicana* se encuentra en la zona subalpina en las cimas de los picos y las crestas más altas del norte de México, por encima de 3,100 msnm (Ledig *et al.*, 2010).

Cabe mencionar que *Picea mexicana* es la especie más rara de este género pues se localiza en sólo tres lugares de México; dos poblaciones se encuentran en la Sierra Madre Oriental, en Sierra la Marta, donde la mayoría de la población fue destruida por fuego hace 30 años, la otra población se encuentra en Sierra el Coahuilón, a sólo cinco kilómetros de Sierra la Marta. Estos dos cerros se encuentran en las partes más altas de Coahuila y la tercera ubicación es en el Cerro el Mohinora, la parte más alta en el estado de Chihuahua, en la Sierra Madre Occidental (Ledig, 2012).

A pesar de que las tres poblaciones relictas existen de manera aislada, *Picea mexicana* ha sido afectada a través de las presiones externas causadas principalmente por el ser humano como es la destrucción de su hábitat y su explotación, así como la afectación por plagas y enfermedades, lo que hace que

haya reducción en las poblaciones (Ledig, 2012) por lo que será necesario restaurar los bosques que han sido reducidos ya que las poblaciones pequeñas están sujetas a la endogamia y a sufrir pérdida de la diversidad genética, haciéndolas susceptibles a la extinción (Ledig *et al.*, 2002).

Sin embargo, de las tres especies de *Picea*, *P. mexicana* es la más susceptible a desaparecer en el futuro, pues en un análisis realizado por Ledig *et al.* (2010) consideran que en el año 2030 los climas adecuados para su desarrollo habrán desaparecido, excepto en el Cerro El Potosí donde no se encuentra hoy en día y para el año 2060 desaparecería por completo ya que para su adaptación será necesaria una altitud de 3,900 hasta 4,200 msnm, un aumento en la elevación de aproximadamente 600 a 700 msnm por encima de su actual rango altitudinal.

Son pocos los estudios que se han realizado de *Picea mexicana* en aspectos de protección y conservación, pues los que existen están más enfocados a aspectos reproductivos y de crecimiento, viabilidad de semillas e indicadores reproductivos, así como análisis morfológicos y anatómicos (Flores-López *et al.*, 2005; Sierra, 2005; Hernández, 2009; López-López, 2009).

Por lo tanto, respecto a la poca información existente en cuanto a *Picea mexicana*, una de las actividades más importantes es el monitoreo periódico de los cambios que sufren las poblaciones en periodos de tiempo prolongados, incluyendo el crecimiento y desarrollo de los árboles, así como la composición de especies y es en este sentido que el establecimiento de sitios permanentes de muestreo es una de las herramientas más útiles (Olvera-Vargas *et al.*, 2006).

De esta manera con la utilización de sitios permanentes se pueden obtener predicciones del crecimiento de los árboles, medición de diámetros del fuste, rendimiento o incremento total de un árbol a un grupo de árboles o rodales, incremento periódico (IP), crecimiento acumulado durante un año, incremento medio anual (IMA), incremento corriente anual (ICA), crecimiento de un año determinado; también se pueden conocer aquéllos factores que afectan el crecimiento, la variabilidad en los incrementos, determinación del crecimiento en los árboles, índice de valor de importancia (IVI), riqueza y diversidad florística, abundancia y área basal

en distintas condiciones como iluminación, condición del sitio, mortalidad y reclutamiento (Manzanero, 2003).

Es relevante mencionar la importancia que tienen las evaluaciones del crecimiento en especies en estatus de riesgo y es porque en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se tiene como herramienta el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER) y para realizar dicha evaluación es necesario conocer diversos antecedentes como tipo de hábitat que la especie ocupa, así como análisis diagnóstico del estado actual del hábitat y una evaluación del estado actual del hábitat con respecto a las necesidades naturales del taxón. Es en este sentido que la información obtenida en las evaluaciones en especies en riesgo puede servir como auxiliar en el MER y si como resultado de esta evaluación se identifica la necesidad de modificar la lista de especies en riesgo, es necesario comunicárselo al gobierno mediante una propuesta de inclusión, exclusión o cambio de categoría (SEMARNAT, 2010).

Es por esto que el principal propósito de este trabajo de investigación es mostrar resultados de evaluaciones en la respuesta en incremento de arbolado en sitios permanentes establecidos en el año 2008 y evaluados por segunda vez en el año 2012 en poblaciones de *Picea mexicana* y especies leñosas asociadas a esta especie. De esta manera conocer cómo se ha comportado su regeneración natural, la incorporación o si se ha tenido mortalidad de especies.

## 1.1 Objetivo

Comparar los incrementos en volumen de especies asociadas a *Picea mexicana*, considerando la incorporación y mortalidad de sitios permanentes en las poblaciones de La Marta, Municipio Rayones, Nuevo León; El Coahuilón, Municipio Arteaga, Coahuila y El Mohinora, Municipio Guadalupe y Calvo, Chihuahua durante los periodos 2008-2012, 2008-2013 y 2006-2013, respectivamente.

### Hipótesis



Ho: Los incrementos en volumen de las especies leñosas en sitios permanentes en poblaciones de *Picea mexicana* no han cambiado significativamente, no han sido modificados por la incorporación y la mortalidad, con respecto a la primera evaluación

Ha: Los incrementos en volumen de especies leñosas en sitios permanentes en poblaciones de *Picea mexicana* son relativamente cambiantes con respecto a la primera evaluación, principalmente modificados por la incorporación y la mortalidad.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Descripción de *Picea mexicana* Martínez

*Picea mexicana* es un árbol de 25 a 28 metros de altura, con tronco de 50 a 60 cm de diámetro, de corteza lisa, de 15 a 18 mm de gruesa, con placas moreno blanquecinas, se ramifica desde los dos o tres metros con ramas verticiladas, las de abajo extendidas y las superiores ascendentes formando una copa piramidal; sus hojas son cuadrangulares de 18 a 36 mm de largo por uno de ancho, sin canales resiníferos; presenta conos masculinos subterminales en grupos de tres, ovales, escamas subrómicas, estriadas con el ápice redondeado; ala de 7 mm de largo por 5 mm de ancho; semilla ovoide, parda de 3.5 mm de largo por 2.5 mm de ancho; su madera es blanca, de olor agradable; florece en mayo y junio pero se ven conos masculinos en julio y agosto (Martínez, 1961).

Existe gran desconocimiento del género *Picea* acerca de sus requerimientos ecológicos y de su variabilidad genética y natural lo cual origina que no sea posible establecer las estrategias más idóneas para su conservación y utilización; particularmente para *Picea engelmannii* var. *mexicana*, en el estado de Nuevo León se presenta en una falla geológica de la montaña que le hace parecer como un cañón, en donde se favorece un microclima ligeramente más húmedo y fresco que en los alrededores; tiene una exposición predominantemente cenital; suelo rico en materia orgánica y con alto contenido de arcilla (Valencia-Manzo *et al.*, 2012).

Respecto a la vegetación asociada a las poblaciones de *Picea*, se presentan especies vegetales no frecuentes en los tipos de vegetación de mayor distribución en la Sierra Madre Oriental y restringidas a las pequeñas áreas de las poblaciones de *Picea*, es decir condiciones micro climáticas muy específicas (Valencia-Manzo *et al.*, 2012).

## 2.2 Importancia de evaluar especies en riesgo

Dado que la Ley General de Vida Silvestre prevé la actualización permanente de las listas de especies asignadas a categorías de riesgo, al menos cada tres años, con la meta de generar y actualizar la información acerca de las especies y poblaciones en riesgo de extinción en un proceso continuo, es por esto que se tiene gran importancia en la aplicación del Método de evaluación del riesgo de extinción de las especies silvestres en México (MER) ya que es una herramienta dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 que busca ponderar por medio de una escala numérica 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. De esta manera el MER debe involucrar los esfuerzos, planes y proyectos de recuperación de las especies listadas en riesgo de extinción para representar verazmente la situación que enfrenta la especie particular (Sánchez *et al.*, 2007).

## 2.3 Estructuras de poblaciones

La estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales se refiere al ordenamiento espacial y temporal de los elementos que lo constituyen. En este marco interesan particularmente la estructura de especies, la estructura espacial y la estructura dimensional de los ecosistemas, caracterizadas mediante procedimientos cuantitativos que permitan su evaluación y monitoreo en diferentes etapas de desarrollo de los rodales (Aguirre-Calderón *et al.*, 2003).

Por otro lado, la estructura de un bosque hace referencia a la distribución de las principales características arbóreas en el espacio, teniendo especial importancia la distribución de las diferentes especies y la distribución de las mismas por clases de dimensión. Por tanto, habitualmente son las distribuciones de frecuencia de los atributos de los árboles las herramientas empleadas para describir la estructura del bosque. Dicha estructura viene determinada no solo por la distribución más o menos regular de los árboles en el terreno, sino sobre todo, por la mezcla espacial de las

distintas especies y el grado de mezcla de árboles con diferentes dimensiones (Gadow *et al.*,2007).

Existen dos tipos de estructuras dentro de los bosques, estructura horizontal y estructura 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 (Hernández y Corvalán, s/f).

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 (Hernández y Corvalán s/f; Manzanero y Pinelo, 2004).

Mientras tanto 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).

Respecto a otras variables evaluadas para obtener las estructuras ya mencionada, también se pueden establecer sitios circulares de muestreo de 500 m<sup>2</sup> y para la totalidad de los árboles de cada sitio se determinan los parámetros: especie, diámetro normal, altura total, altura de inicio de copa y diámetro de copa, así como la posición de los árboles en el sitio y a partir de los datos dendrométricos se obtiene para cada especie: número de árboles por ha, área basal por ha, diámetro medio, altura media (con las medidas de dispersión correspondientes) y el índice de esbeltez (relación h/d). Para la caracterización de la estructura vertical de las

especies se obtienen las distribuciones de número de árboles y área basal de las especies en tres estratos de altura (Aguirre-Calderón *et al.*, 2003).

#### 2.4 Crecimiento de coníferas

El crecimiento de un árbol o de un rodal está representado por su respectivo desarrollo; 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).

En las primeras etapas del desarrollo, el crecimiento del árbol toma originalmente la forma de incremento en altura; esto predomina hasta la última etapa de poste cuando ya se aprecia un incremento en el diámetro. En la mayoría de las especies la tasa de crecimiento en altura es mayor en las primeras etapas de desarrollo, mientras que los incrementos en diámetro son relativamente mayores en etapas posteriores, una vez que los árboles han tenido oportunidad de desarrollar su copa de tal manera que se extienda por arriba del nivel que alcanzan las plantas más pequeñas del bosque (Harold y Hocker, 1984).

Sin embargo, los árboles también manifiestan interesantes características individuales ya que existen notables variaciones hereditarias entre los árboles en cuanto a la forma de copa, tamaño definitivo, longevidad, formas de ramificación, tasa de crecimiento, modelos para el crecimiento de los renuevos, características de las raíces, crecimientos reproductivos, coloración de otoño, entre otros. Así mismo las diversas partes de los árboles crecen a diferentes tasas y en tiempos distintos ya que actualmente en muchos árboles de zona templada las raíces comienzan a alargarse en primavera antes que lo hagan los renuevos y el crecimiento cambial anual en la parte más baja del fuste comienza después de cualquiera de ellos (Young, 1991).

El crecimiento de los árboles individuales se refleja en el aumento de los tejidos (floema, xilema, tallo, parénquima) a través del tiempo, en el cual se produce

la suma de la división celular, elongamiento del meristemo primario y engrosamiento de las células del meristemo secundario. En consecuencia se puede definir el crecimiento de los árboles como el resultado de la modificación conjugada de diversas variables dendrométricas como el diámetro, altura, área basimétrica, forma del tronco y volumen (Imaña y Encinas, 2008).

Respecto a los factores internos de crecimiento se tiene que para sobrevivir y crecer, los árboles deben tener un suministro adecuado de carbohidratos, agua, minerales y reguladores hormonales del crecimiento, ya que el control interno tanto vegetativo como reproductivo supone una estrecha interdependencia entre las raíces y los renuevos como fuentes de los factores esenciales que controlan el crecimiento. A través de su prolongada vida, un árbol es abastecido por sus hojas y raíces, en trayectorias de translocación cada vez más largas, con sustancias necesarias para su crecimiento, lo que requiere de un equilibrio delicado y correlaciones precisas en tasas de producción fisiológicas (Young, 1991).

Cada periodo de crecimiento es seguido por la brotación de las yemas. Las yemas temporales dejan el estado latente cuando las condiciones de humedad son favorables y en algunos casos pueden presentarse hasta cuatro periodos de desarrollo en una estación de crecimiento. Particularmente el crecimiento en altura se produce por la actividad de la yema apical o terminal, a través de la división celular, produciendo la modificación más notoria del crecimiento, especialmente en la edad juvenil en que es fácil observar la rapidez de la modificación de la altura en periodos cortos de tiempo. Se evalúa midiendo las alturas al inicio y al final de un intervalo de tiempo definido, en algunos árboles, donde es posible realizar el análisis del tronco se pueden determinar los correspondientes valores e índices de crecimiento en altura (Imaña y Encinas, 2008; Harold y Hocker, 1984).

Con respecto al crecimiento en diámetro, al aumento del diámetro de un árbol en un determinado periodo de tiempo y está influenciado principalmente por su distribución espacial y por los mismos factores señalados en el crecimiento en altura así como directamente por la actividad del cambium. Por esta razón es posible registrar el crecimiento correspondiente de un día o a veces será necesario establecer el respectivo crecimiento por tiempos más cortos y para propósitos de la

ordenación forestal, generalmente se efectúan mediciones cada año o a intervalos de tres a cinco años, sin embargo, de acuerdo con los objetivos de la investigación las mediciones pueden ser realizadas en intervalos más cortos o más largos (Imaña y Encinas, 2008).

El crecimiento en área basimétrica es evaluado en función de la medición del diámetro. Un crecimiento constante por año del área basimétrica significa que el crecimiento diamétrico viene disminuyendo, mientras tanto el crecimiento en volumen se refiere al aumento del volumen en un determinado periodo de tiempo y como en los casos anteriores, se evalúa calculando la diferencia de los volúmenes que el árbol tuvo al inicio y al final del periodo correspondiente (Imaña y Encinas, 2008).

El grado de desarrollo está determinado por las especies asociadas, la densidad de la localidad y la calidad de la localización ya que un retardo del grado de espesura dará como resultado un árbol más alto y que tendrá un diámetro mayor que otro que haya experimentado un grado de espesura temprana, aunque fuera liberado posteriormente (Harold y Hocker 1984).

Existen diferentes tipos de incrementos, el incremento corriente anual, que corresponde al crecimiento que logra un árbol o un rodal en el curso de un año; incremento periódico, se refiere al crecimiento de un árbol o un rodal en un tiempo determinado; incremento total, es el crecimiento de un árbol o un rodal durante toda su vida. Incremento periódico anual, es el promedio anual del incremento periódico; incremento medio anual, es el promedio anual del incremento total; se obtiene dividiendo las dimensiones de un árbol o un rodal entre su edad (Klepac, 1983).

## 2.5 Monitoreo de poblaciones

El monitoreo de ecosistemas por percepción remota se define como el seguimiento de la distribución espacial y temporal de la vegetación, determinándose los cambios cualitativos y cuantitativos, a fin de medir la respuesta anual y estacional, obteniéndose áreas con alteración y la variación fenológica de la vegetación, a través de las estaciones así como también permite la detección de cambios en la condición, abundancia y distribución de las especies, con objeto de

determinar los cambios significativos en aquellos componentes críticos del ecosistema, los cuales servirán de base para la conservación de los recursos naturales. Uno de los componentes principales, lo constituye el monitoreo de especies dependientes (depredadores), especies explotadas, estrategias de explotación y parámetros del medio ambiente (Esquivel- Solís, s/f).

Las observaciones de parcelas permanentes representan una base de datos muy importante para desarrollar modelos de crecimiento aunque muchas tablas de producción se construyeron con base en datos de este tipo de parcelas, teniendo como desventaja dentro de su diseño el elevado costo de mantenimiento de la infraestructura de investigación y la larga espera por los datos. Mientras que las parcelas temporales pueden proporcionar una rápida solución en situaciones donde no existen datos sobre el desarrollo forestal pero tienen como limitación que no proporcionan información sobre tasas de crecimiento y por eso no son muy recomendables; sin embargo, se puede lograr un compromiso utilizando un sistema de parcelas de muestreo que mantenga las ventajas de las parcelas temporales, como la obtención de tasas de crecimiento, y de las parcelas permanentes, como la espera mínima por los datos (Gadow *et al.*, 2004).

## 2.6 Importancia del manejo forestal

El manejo de bosques naturales requiere de la implementación de una serie de acciones, tales como el estudio de la regeneración natural, la dinámica del crecimiento y la formulación de tratamientos silviculturales, a fin de garantizar su regeneración y una producción sostenible. Los aportes que se han obtenido a la fecha en materia de aprovechamiento mejorado, determinación del crecimiento del bosque en parcelas permanentes de muestreo, estudios de la dinámica pre - y post - aprovechamiento y la respuesta de la regeneración natural han permitido tomar decisiones para reorientar las prácticas de manejo forestal, en busca de la sostenibilidad y el rendimiento sostenido del bosque (Manzanero y Pinelo, 2004).

Es muy importante mencionar que dentro de las actividades que actualmente están llevándose a cabo para un buen manejo de los bosques es la certificación Smart



Wood en ejidos donde una operación de manejo forestal debe someterse a una evaluación de campo con el propósito es analizar la sustentabilidad ecológica, económica y social del manejo forestal, como es el caso del Ejido La Trinidad, Municipio de Guadalupe y Calvo, Estado de Chihuahua, en el que pese a que hay algunos aspectos que este ejido debe de atender para la próxima auditoría, se considera que está manejando muy bien sus bosques ya que el ejido ha tenido avances en el cumplimiento de sus condiciones. Por mencionar alguno, está la necesidad de establecimiento de un área de monitoreo permanente para aplicar un sistema de monitoreo continuo y permanente que permita registrar y monitorear la condición del bosque, respuesta a los tratamientos silvícolas e impactos de las intervenciones, entre otros aspectos (Madrid, 2005).

## 2.7 Tablas de producción

Una condición necesaria para una adecuada planeación del manejo forestal y un aprovechamiento de los recursos forestales, es el conocimiento de su volumen y su estructura, así como su proceso de crecimiento e incremento de las especies arbóreas que se encuentran en el rodal, es por esto que una de las herramientas muy útiles son las tablas de producción ya que éstas describen las características de las variables dasométricas más importantes de un rodal en función de la edad y la calidad de estación; así como también representan el desarrollo promedio de una especie en una región determinada y posibilitan una estimación rápida y de bajo costo del volumen y del incremento de los rodales (Groothousen y Alvarado, 2000; Flores- Rodríguez, 1983 : Aguirre s/f).

Cabe mencionar que el empleo de las tablas de producción como predictoras del incremento y como guías en el manejo forestal estuvo hasta el año 1972 prácticamente ausente en nuestro país, debido a que hasta ese año prevalecían los sistemas silvícolas de bosque irregular y con la introducción en el país del manejo regular y consecuentemente a rodales coetáneos, se inició también la construcción de tablas preliminares de producción (INIF, 1983).

## 2.8 Legislación que existe respecto a especies en riesgo

Dentro de la legislación nacional se encuentra la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 en la cual sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y en el artículo 45 se refiere al establecimiento de áreas naturales protegidas con el objeto principal preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas y de los ecosistemas más frágiles, así como sus funciones, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos. También existe la Ley General de Vida Silvestre, la cual fue publicada en el Diario Oficial el 3 de Julio del año 2000. Dicha ley fue establecida para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat. En sus artículos 85 y 87 establece criterios para aprovechamiento de especies en riesgo autorizando el aprovechamiento de ejemplares de especies en riesgo cuando se dé prioridad a la colecta y captura para actividades de restauración, repoblamiento y reintroducción y que en el caso de poblaciones en peligro de extinción o amenazadas, tanto el estudio como el plan de manejo, deberán estar avalados por una persona física o moral especializada y reconocida, de conformidad con lo establecido en el reglamento (LGEEPA, 2012; LGDVS, 2000).

## 2.9 Estudios de *Picea mexicana*

Los estudios de *Picea* son escasos pues los que se han realizado son sobre indicadores reproductivos en poblaciones naturales de esta especie, también se ha estudiado su variación morfológica y anatómica y se analizó un estudio de crecimiento en altura, diámetro normal y área basal (Flores-López *et al.*, 2005; Hernández, 2009 y López-López, 2009).

Sin embargo, para monitoreo no existen estudios, solamente para *Picea engelmannii* var. *mexicana* que corresponde a la sinonimia de *Picea mexicana*, se realizó un estudio en cuanto a conservación de coníferas con distribución restringida

y en peligro de extinción del noreste de México, especialmente en el estado de Nuevo León y ahí se reporta a *Picea engelmannii* var. *mexicana* en la localidad La Marta con un tamaño reducido y se presentan en condiciones muy particulares de clima y orografía, lo cual la hace de condición ecológica muy frágil (Valencia-Manzo *et al.*, 2012).

Por lo anteriormente mencionado es necesario realizar estudios que permitan conocer más sobre las especies, tanto de interés económico, como aquellas que se encuentren en algún status de la NOM-059-SEMARNAT-2010, para especies en peligro de extinción, raras o de distribución restringida (Valencia-Manzo *et al.*, 2012)

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción de las poblaciones de *Picea mexicana*

##### 3.1.1 Localización

De las tres poblaciones de *Picea mexicana*, dos se encuentran en la Sierra Madre Oriental (La Marta y El Coahuilón) en los estados de Coahuila y Nuevo León y una en la Sierra Madre Occidental (El Mohinora) en el estado de Chihuahua (Cuadro 1, Figura 1).

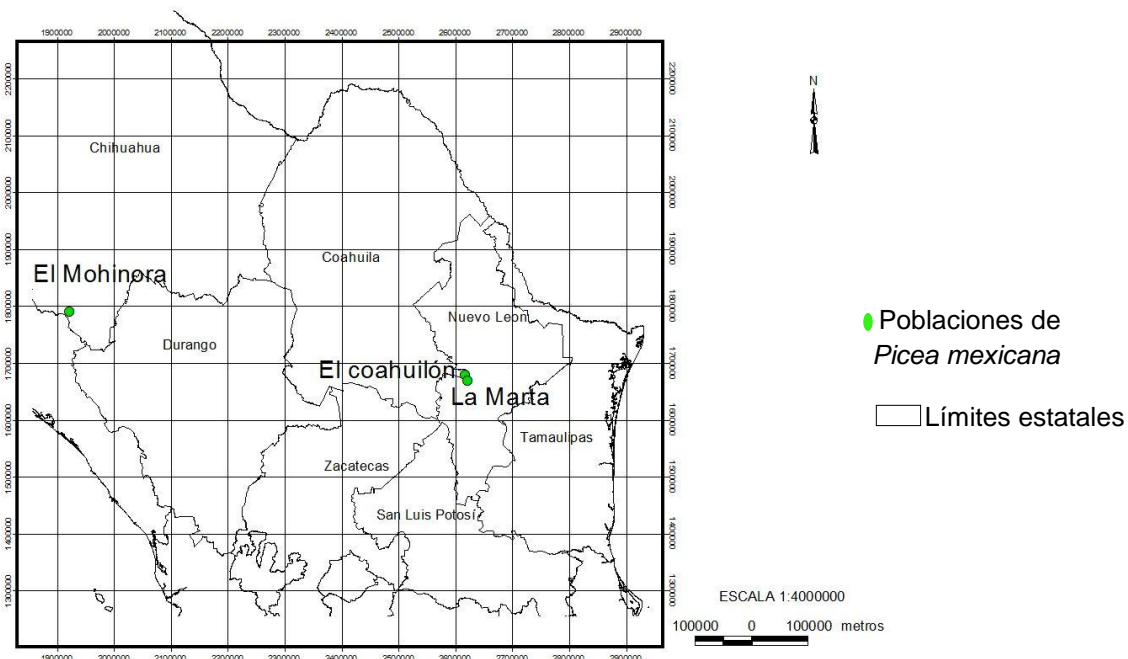
Cuadro 1. Localización de las tres poblaciones de *Picea mexicana* en Nuevo León, Chihuahua y Coahuila.

Población	Propiedad	Municipio	Coordenadas*	Altitud (msnm)
Sierra La Marta	Propiedad privada:	Rayones, Nuevo León	25°12'1.18"N 100°21'53.85"W	3410
Sierra El Coahuilón	Familia Sánchez de la Peña	Ejido Nuncio Arteaga, Coahuila	25°14'51.7"N 100°21'21.2"W	3370
El Mohinora	Propiedad privada: El Venadito	Guadalupe y Calvo, Chihuahua	25°57'38.30"N 107° 2'29.90"W	2905

\* Registradas con receptor GPS DATUM WGS84.

### 3.1.2 Aspectos ecológicos

En cuanto a la descripción del clima se tomó como referencia la estación meteorológica más cercana a cada una de las poblaciones. En el caso de las poblaciones de La Marta y El Coahuilón se tomaron registros de la estación meteorológica de San Antonio de las Alazanas donde se presenta una temperatura media de 12.7 °C, aunque la precipitación es escasa con una media anual de 470 mm en el régimen de lluvias se tiene que llueve todo el año destacando entre los meses más lluviosos Julio y Agosto y las precipitaciones más escasas se presentan en invierno; sin embargo las heladas pueden presentarse en cualquier época del año, pero son más recurrentes en los meses de octubre a marzo, con temperaturas extremas de hasta - 8°C, considerándose libres de heladas los meses de junio, junio y Agosto. En cuanto al tipo de clima se tiene que es Cx´b(e´)g correspondiente a templado subhúmedo, con lluvias escasas todo el año, verano fresco largo, muy extremo y el mes más cálido se presenta antes de Junio con una temperatura media de 15.8 ° C (SPP, 1981; Mendoza, 1983; SPP, 1998) (Cuadro 2).



Fuente: Cobertura tomada de CONABIO, 2012.

Figura 1. Ubicación de las poblaciones de *Picea mexicana* Martínez.

Cuadro 2. Aspectos ecológicos de las poblaciones de *Picea mexicana* Martínez en Nuevo León, Coahuila y Chihuahua.

Aspectos ecológicos	Poblaciones		
	La Marta	El Coahuilón	El Mohinora
Fisiografía	Subprovincia Gran Sierra Plegada dentro de la Provincia Sierra Madre Oriental.	Subprovincia Gran Sierra Plegada dentro de la Provincia Sierra Madre Oriental.	Provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental, específicamente en la subprovincia gran meseta y cañones duranguenses.
Hidrología	Región hidrológica ARH 37, perteneciente a El Salado.	Región hidrológica ARH 37, perteneciente a El Salado.	Región Hidrológica RH10 Sinaloa. Cuenca Rio Sinaloa.
Edafología	Rocas mesozoicas de origen sedimentario marino de tipo calizas, lutitas y areniscas, con un tipo de suelo litosol, rendzina y regosol eútrico, con textura media.	Rocas mesozoicas de origen sedimentario marino de tipo calizas, lutitas y areniscas, con un tipo de suelo litosol, rendzina y regosol eútrico, con textura media.	Rocas de tipo ígneas y sedimentarias, con un tipo de suelo litosol, regosol eútrico y feozem háplico, con fase física lítica, con textura media.
Vegetación	Bosque de coníferas - encinos y matorral	Bosque de pino oyamel con vegetación secundaria	Bosque de pino
Clima	Cb´ (W1) X´ semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo. 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor a 10.2 % del total anual.	Cb´ (W1) X´ semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor a 10.2 % del total anual.	C(E) Clima templado Subgrupo de climas semifríos Temperatura media anual entre 5 y 12° C. Temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C.

Fuente: Mendoza, 1983; SARH, 1992; CONABIO; 1998,; 1998; INIFAP, 1998, CNA, 1998 y CONANP, 2005.

### 3.2 Establecimiento de sitios permanentes

Una vez reconocidas y localizadas las tres localidades de *Picea mexicana*, así como de ubicarlas en planos y/o cartas topográficas, para cada localidad, se procedió a realizar el siguiente trabajo en campo.

Dado que en cada localidad de *Picea* la distribución de la vegetación no se encuentra de manera uniforme, se consideró adecuado levantar la información de campo al menos en áreas de muestreo, de manera que se contara con información representativa de variación presente en cada localidad. Para ello se establecieron seis sitios permanentes de muestreos en cada localidad; dos de 1000 m<sup>2</sup>, dos de 400 m<sup>2</sup> y dos de 80 m<sup>2</sup>. Tres de estos sitios de muestreo, uno de cada dimensión, se estableció en un área de muestreo y los otros tres en la otra área de muestreo.

La manera de establecer los tres sitios en cada área fue en forma de círculos de manera concéntrica; esto es, para el 80 m<sup>2</sup> se empleó una cuerda de 5.046 m, para el de 400 m<sup>2</sup> se empleó una cuerda de 11.28 m, y para de 1000 m<sup>2</sup> se empleó una cuerda 17.84 m.

Los sitios de 1000 m<sup>2</sup> se emplearon para obtener información del arbolado mayor de 15 cm de diámetro normal; los sitios de 400 m<sup>2</sup> se emplearon para obtener información de arbolado mayor de 5 cm y menor de 15 cm de diámetro normal; y los sitios de 80 m<sup>2</sup> se emplearon para tener información de generación (individuos menor de 5 cm de diámetro normal).

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.

También se obtuvieron datos de la vegetación asociada, tal como especie, número de individuos, tamaño de cada individuo condición fitosanitaria, entre otros. Así mismo se obtuvieron muestras de suelos, a las cuales se les realizaron análisis de sus principales características físicas y químicas.

Como parte de esta segunda etapa también se colectó material botánico de la vegetación presente en cada una de las localidades. Primeramente se colectó dentro de cada sitio permanente corteza.

### 3.2.1 Segunda evaluación en los sitios permanentes

Esta evaluación consistió en asistir por segunda ocasión a campo a cada una de las localidades de muestreo establecido en cada localidad de *Picea mexicana* posteriormente se colectó material fuera de estos sitios, para complementar la colecta con las especies que fuesen distintas a las colectadas dentro de los sitios. La colecta se realizó a nivel arbóreo, arbustivo y herbáceo (Capó-Arteaga *et al.*, 1997). Cabe mencionar que aunque no lo menciona la literatura, las variables a medir fueron diámetro a la altura del pecho (Dap), altura y grosor de *Picea mexicana* después de cinco años de su establecimiento. En el Coahuilón se evaluaron seis sitios, en La Marta también seis y en El Mohinora fueron 10 sitios evaluados donde con ayuda de un GPS se localizaron dichos sitios y se registraron las mismas variables (diámetro, altura, estado fitosanitario, número de individuos muertos y regeneración) que se habían tomado en la primera visita a campo (Cuadro 3) (Apéndice 1).

Cuadro 3. Años en que se llevó a cabo la primera y la segunda evaluación en las poblaciones de *Picea mexicana* Martínez.

Población	Año de la primera evaluación de sitios permanentes	Año de la segunda evaluación de sitios permanentes
Sierra La Marta	2008	2012
Sierra El Coahuilón	2008	2013
El Mohinora	2006	2013



### 3.3 Elaboración y cálculo de tabla de proyección de crecimiento en volumen de rodales de *Picea mexicana* Martínez.

#### 3.3.1 Cálculo de probabilidades para cambios de categoría diamétrica

El procedimiento para construir la tabla de proyección de crecimiento en volumen se basó principalmente en la metodología creada por Avery y Harould (2002) quienes siguieron dos pasos; el primero se explica en este apartado y consta de elaborar una tabla de probabilidades donde se registra el número de árboles que hayan presentado cambio de categoría diamétrica, así como también los que no presenten cambio o en su caso los que hayan muerto, y finalmente se calcula una probabilidad basada en el total de árboles registrados (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cálculo de probabilidades de cambios en categorías diamétricas.

Especie	Dap (2008 )	Dap (2013)	Nueva clase diamétrica	Cambio de estructura del rodal, número de árboles					
				Muertos	Sin cambio	Clases de diámetro			
						+5 cm	+10 cm	+15 cm	
Pi me	4.9	Muerto		1					
Pi me	5.3	6.2	6		1				
Pi me	6.1	Muerto		1					
Pi me	6.3	9	9			1			
Pi me	6.5	7.4	7		1				
Pi me	7	7	7		1				
Pi me	9.4	10.9	11			1			
Pi me	10.5	Muerto		1					
Pi me	10.7	12.2	12			1			
Pi me	11.4	14.5	14				1		
Probabilidades				3	5	2	0	0	
Total				0.300	0.500	0.20 0	0.000	0.000	

Pi me = *Picea mexicana* Dap= Diámetro a la altura del pecho en cm

## Procedimiento (Cuadro 4)

1. En la columna 1 se escribe la especie que se está evaluando.
2. En la columna 2, el diámetro de cada árbol que se tuvo en la primera evaluación de los sitios permanentes.
3. En la columna 3, el diámetro de los mismos árboles que en la anterior pero de una segunda evaluación en los sitios permanentes.
4. En la columna 4, se anota la nueva categoría a la que pertenece el diámetro tomado en la segunda evaluación.
5. Las columnas 6, 7 y 8 resultan observar cada línea de las columnas 2 y 4; en cuanto al cambio que hubo entre categorías entre la primera evaluación la nueva categoría diamétrica y en caso haya habido mortalidad se anota en la columna 5.
6. El cálculo de probabilidad = Número total de árboles / Número de observaciones, ejemplo, probabilidad sin cambio =  $2/13 = 0.154$  y la suma de estas probabilidades tienen que completar un 100%.

### 3.3.2 Cálculo de incremento para las clases diamétricas

El segundo paso constituye la elaboración de una tabla de cálculo de incremento para las clases diamétricas por especie, donde se utilizan las probabilidades obtenidas en el Cuadro 4 para obtener una predicción de número de árboles, así como un incremento en volumen entre la primera y segunda evaluación, donde se utilizó el volumen unitario por especie, obtenido de tablas de volumen ya existentes para cada una de las especies en estudio (SARH, 1985; Robert, 1987; Cumplido-Ortiz, 2002, Amico *et al*, s.f; Gutiérrez-García, 2010) (Cuadro 5 y Cuadro 6). Es importante mencionar que hubo la necesidad de estimar algunos volúmenes

para aquellos árboles que resultaron en la predicción de los que no se tenían medidas, y para hacer la estimación de alturas se optó por usar el siguiente modelo

$$H = \beta_0 (Dap)^{\beta_1}$$

Donde

H= Altura

Dap= Diámetro a la altura del pecho en cm

$\beta_0$  y  $\beta_1$ = Parámetros de regresión

Para obtener los valores de  $\beta_0$  y  $\beta_1$  se utilizó el programa SigmaPlot 10.0 haciendo una regresión con los valores de diámetro y altura registrados de cada especie en las evaluaciones realizadas en campo (Cuadro 7).

Fue pertinente utilizar este modelo ya que en un estudio realizado por Cortés (2010), después de haber hecho la comparación entre cinco modelos este resultó tener los mejores estadísticos como es cuadrado medio del error (CME),  $R^2$  y  $R^2_{aj}$ .

#### 3.4 Cálculo de incremento anual en volumen por hectárea por poblaciones

Para obtener el incremento anual en volumen por hectárea, del cual se calcularon promedios por población, se utilizó la fórmula que a continuación se muestra (Cuadro 8).

$$I.A = ((\Sigma V2 - \Sigma V1) / N)$$

Donde

I.A= Incremento anual

V2= Volumen total de la segunda evaluación

V3= Volumen total de la primera evaluación

N= Número de años transcurridos entre la primera y segunda evaluación.

Cuadro 5. Cálculo de incremento para las clases diamétricas.

Especie (1)	C. D (cm) (2)	No. De árboles en 1000 m2 (3)	Volumen por árbol (m3) (4)	Probabilidad			Número de árboles /1000 m <sup>2</sup>				Predicción número de árboles en 1000 m <sup>2</sup> (13)	Volumen (v2) en 1000 m <sup>2</sup> (14)	Volumen (v1) en 1000 m <sup>2</sup> (15)		
				Clase del diámetro			Clase del diámetro								
				Mortalidad (5)	0 cm (6)	5 cm (7)	10 cm (8)	Muerto (9)	Sin cambio (10)	5 cm (11)				10 cm (12)	
	65							0	0	0	0	0	0	0	
	60							0	0	0	0	0	0	0	
Pseud men	55	3	2.6873		1			0	3	0	0	4	10.7493	8.0620	
Pseud men	50	1	1.6892			1		0	0	1	0	0	0	1.6892	
Pseud men	45	1	1.7599		1			0	1	0	0	3	5.2816	1.7599	
Pseud men	40	3	1.0000		0.33	0.66		0	1	2	0	1	0.9990	3.0000	
Pseud men	35	2	0.8371		1			0	2	0	0	2	1.6742	1.6742	
	30		0.5076					0	0	0	0	1	0.5076	0	
Pseud men	25	1	0.2664			1		0	0	1	0	0	0	0.2664	
	20							0	0	0	0	0	0	0	
Pseud men	15	1	0.0824		1			0	1	0	0	1	0.08237	0.0824	
Total		12	8.7476		0	4.33	2.66	0	0	8	4	0	12	19.2117	16.4518

Pseud men=*Pseudotsuga menziesii*.

C. D. =Categoría diamétrica en cm.

V1=Volumen obtenido de la primera evaluación en campo.

V2= Volumen obtenido de la segunda evaluación en campo incluyendo también el de los árboles resultantes en la predicción

Cuadro 6. Modelos utilizados para calcular el volumen

Especie	Modelo
<i>Picea mexicana</i> *	$V = 0.00239 D^2 H + 0.06439$
<i>Pseudotsuga macrolepis</i>	$V = \text{Exp. } [1.87472826 + 1.87766305 \text{ Log (DN)} + 1.00933229 \text{ Lg (HT)}]$
<i>Pinus rudis</i>	$V = \text{Exp. } [-9.87323370 + 1.85512732 \text{ Log (DN)} + 1.11426549 \text{ Lg (HT)}]$
<i>Pinus arizonica</i>	$V = 0.4132(\text{dcc}^{2^t} h)1.0263$
<i>Pinus ayacahuite</i>	$V = 0.3852(\text{dcc}^2 h)1.0209$
<i>Abies religiosa</i> .	$V = D^2 * H * 0.324797$
<i>Populus nigra</i>	$V = 0,000123 * \text{DAP}^{1.459329} * H^{1.65000}$

\* En el modelo el diámetro está dado en pulgadas, la altura en pies y el volumen en pies cúbicos por lo que fue necesario hacer las conversiones necesarias para obtener el volumen en metros cúbicos.

V=Volumen en m<sup>3</sup>.

D=Diámetro en cm (solo para *Abies religiosa*, *Pinus ayacahuite* y *Pinus arizónica* es en m).

DAP=Diámetro a la altura del pecho en cm.

Cuadro 7. Parámetros obtenidos para calcular alturas

Especie	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	R <sup>2</sup>
<i>Picea mexicana</i>	$H = \beta_0 (\text{DAP})^{\beta_1}$	0.8757	0.8582	0.8528
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	$H = \beta_0 (\text{DAP})^{\beta_1}$	1.1123	0.7874	0.911
<i>Pinus rudis</i>	$H = \beta_0 (\text{DAP})^{\beta_1}$	1.5687	0.6391	0.7052
<i>Populus tremuloides</i>	$H = \beta_0 (\text{DAP})^{\beta_1}$	2.7235	0.6001	0.6164
<i>Abies duranguensis</i>	$H = \beta_0 (\text{DAP})^{\beta_1}$	1.1912	0.7916	0.8946
<i>Pinus arizonica</i>	$H = \beta_0 (\text{DAP})^{\beta_1}$	0.9784	0.7907	0.84
<i>Pinus ayacahuite</i>	$H = \beta_0 (\text{DAP})^{\beta_1}$	0.1521	1.655	0.5308

Cuadro 8. Incremento promedio en volumen anual por hectárea por población

Especie	Estimación número de árboles ha <sup>-1</sup>	Volumen 2012 (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volumen 2008 (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Incremento en volumen Anual ha <sup>-1</sup>
<i>Picea mexicana</i> Martínez	169.1667	82.3669	68.7380	3.40723
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	983.333	36.1848	31.7922	1.09815
<i>Abies vejari</i>	179.1667	68.5025	59.0309	2.36788
<i>Pinus rudis</i>	666.667	46.6637	48.9191	-0.56386
<i>Populus tremuloides</i>	1.25000	0.8319	0.5250	0.07673

### 3.5 Comparación de incrementos en volúmenes entre poblaciones

Se realizó el análisis de varianza en el paquete estadístico SAS (Statistical 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).

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

Dónde:

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

$\mu$  = es la media poblacional.

$p_i$  = es el efecto de la i-ésima población.

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

$\varepsilon_{ijk}$  = es el error experimental.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Probabilidades de cambio de categorías por especie en cada población

A continuación se muestran resultados de porcentajes promedio por especie de probabilidades en aspectos de mortalidad, cambio en una categoría diamétrica y sin cambio en una categoría diamétrica, para las poblaciones La Marta, Rayones, Nuevo León, El Coahuilón, Arteaga, Coahuila y El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua

#### 4.1.1 Probabilidades de cambio de categorías por especie en la población La Marta, Rayones, Nuevo León.

En esta población, haciendo referencia al mayor porcentaje promedio de probabilidad de cambio en una categoría diamétrica se tiene a *Pseudotsuga menziesii* con un 46% lo que muestra que esta especie está viéndose favorecida principalmente a las condiciones climáticas que en años recientes se han presentado; mientras que *Picea mexicana* presenta un 85% promedio a la probabilidad de para mantenerse sin cambio de categoría diamétrica, lo que puede deberse a que es una especie de muy lento crecimiento y que además está afectada fuertemente por los asensos de temperatura que se han hecho notar en los últimos años ya que para su desarrollo en condiciones óptimas requiere de temperaturas que lleguen incluso hasta - 0° C. Y en lo que se refiere a mortalidad de especies, ésta no es muy notable ya que solo *Populus tremuloides*, *Abies vejari* y *Pinus rudis* presentan un promedio del 11, 9 y 8 % de probabilidad respectivamente (Cuadro 9).

Las probabilidades de mortalidad en algunos casos como es en los sitios 2 y 4 (Anexo 1) debido a que hay mucha presencia de rocas grandes y con pendientes prolongadas lo que ocasiona que éstas rueden y pasen a afectar el fuste de los árboles y poco a poco vayan muriendo.

Cuadro 9. Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, con cambio de una categoría, sin cambio de una categoría en la población de La Marta, Rayones, Nuevo León.

Especie	Mortalidad	Sin cambio en una categoría diamétrica	Con cambio en una categoría diamétrica
<i>Picea mexicana</i> Martinez	0%	85%	15%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0%	54%	46%
<i>Abies vejari</i>	9%	62%	30%
<i>Pinus rudis</i>	8%	53%	22%
<i>Populus tremuloides</i>	11%	0%	6%

De esta manera la respuesta de *Pseudotsuga menziesii* en cuanto a presentar más cambios en categoría diamétrica respecto a las demás especies se debe a que es de rápido crecimiento y temperamento de media luz a luz como lo describen Bravo-Oviedo y Montero-González (2008), ya que en la población del Coahuilón, Arteaga Coahuila, tuvo la misma respuesta aunque no sucedió lo mismo en la población de El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua lo cual se justifica por el dosel que está más cerrado y la entrada de luz es más escasa que en las otras dos poblaciones.

Una condición similar resultó en un estudio realizado por Arreola-Ortiz *et al.* (2010) sobre la dendrocronología de *Pseudotsuga menziesii* de la Sierra Madre Oriental en Nuevo León donde se concluyó que el patrón de desarrollo o ritmo de crecimiento presentó un contraste muy alto entre la cronología de La Encantada y las cronologías El Potosí y La Marta, durante los años de 1860 a 1880, manteniéndose esta diferencia con menor intensidad hasta el año 1960, a partir de 1970 hasta el 2003 se establece una importante similitud entre las tres cronologías y las diferencias existentes se deben ubicación de los sitios de muestreo, ya que el clima, que influye de manera decisiva sobre el crecimiento está determinado en la región en gran medida por la altitud, la latitud y la exposición pues al menos en los últimos 200 años, la presencia de sequías y otros factores climáticos está



posiblemente repercutiendo en el crecimiento radial de las poblaciones de *Pseudotsuga menziesii*.

#### 4.1.2 Probabilidades de cambio de categorías por especie en la población El Coahuilón, Arteaga, Coahuila.

En cuanto a los resultados obtenidos se tiene que la especie con mayor porcentaje promedio de probabilidad de cambio de una categoría diamétrica es *Pseudotsuga menziesii* con un porcentaje promedio del 33% ya que *Picea mexicana* presenta un 43 % promedio de probabilidad de mantenerse sin cambio de una categoría diamétrica; así como también *Pinus rudis* con un 44% (Cuadro 10).

Cuadro 10. Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, con cambio de una categoría, sin cambio de una categoría en la población El Coahuilón, Arteaga, Coahuila.

Especie	Mortalidad	Sin cambio en una categoría diamétrica	Con cambio en una categoría diamétrica
<i>Picea mexicana</i> Martínez	25%	49%	27%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0%	0%	33%
<i>Pinus rudis</i>	30%	44%	26%

Lo anteriormente mencionado hace notar que como en la población La Marta, Rayones, Nuevo León, es *Pseudotsuga menziesii* quien resulta favorecida para seguir desarrollándose en esta población. Existen dos razones a las que se atribuye esta mortalidad y el daño mencionado, como lo es los incendios sucedidos en los años 1998 y 2011, dejando muy desprotegida el área y a la sequía ocurrida en el periodo 2011-2012, ya que un análisis realizado por Giner *et al.* (2011) señala a Coahuila como uno de los estados que prevaleció con sequia excepcional y es por esto que la persistencia de *Picea mexicana* se está viendo

afectada ya que Granados-Sánchez *et al.* (2007) menciona que es una especie adaptada a lugares húmedos y sombríos.

De esta manera un estudio realizado por Marroquín-Flores *et al.* (2006) mencionan que la afectación por el incendio ocurrido en el año 1998 en las Sierras del Coahuilón y en San Antonio de las Alazanas (zona aledaña) fue de 5,099 ha declarándose zona de restauración ecológica permanente recomendando para la zona una densidad de siembra de 125 árboles por ha; sin embargo el incendio ocurrido en el 2011 afectó de nuevo el área y actualmente gran parte se encuentra desprovista de vegetación por lo que es necesario que se realicen actividades de regeneración artificial con las técnicas de establecimiento de plántulas con obras de rehabilitación como barreras de material muerto y la exclusión de ganado mayor, mencionadas por estos mismos autores pero para el área de Laguna de Sánchez ubicada en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey que también resultó afectada por el incendio de 1998.

Es necesario que se realice regeneración artificial porque después de la ocurrencia de estos siniestros traen consigo que haya poca o nula regeneración natural como lo sucedido con *Picea chihuahuana* en un estudio realizado por Gordon (2011) donde menciona que los probables factores que contribuyen a la falta de regeneración son competencia de la flora en el suelo y los incendios terrestres ocasionales ya que después de su ocurrencia hay un menor número de especies que pueden desarrollarse en los pocos lugares húmedos mientras que la cobertura de vegetación herbácea es más completa, teniendo esto un doble efecto al interferir con el establecimiento de plántulas y la prolongación en cuanto al número de años que una plántula recién germinada necesita para llegar a la altura del pecho, sin dejar de tomar en cuenta el número de plántulas que en este plazo pueden morir.

#### 4.1.3 Probabilidades de cambio de categorías por especie en la población El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.

En esta población la especie que presenta el mayor promedio de probabilidad de cambio de una categoría diamétrica es *Abies duranguensis* con un 48 % y aunque también se tuvo un promedio favorable para *Picea mexicana* de 33.3 %, es muy notable el alto promedio de 66% de mantenerse sin cambios; lo que pudiera ocasionar su desplazamiento por parte de *Abies duranguensis* principalmente. Mientras que a diferencia de las dos poblaciones anteriores la especie que no muestra mayores probabilidades de cambio de categoría es *Pseudotsuga menziesii* ya que presentó un promedio del 62.2 % sin cambio de categoría y un 7% promedio de mortalidad así como un 8% para *Abies duranguensis* para esta última condición (Cuadro 11).

Cuadro 11. Porcentaje promedio de probabilidades de mortalidad, con cambio de una categoría, sin cambio de una categoría en la población El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.

Especie	Mortalidad	Sin cambio en una categoría diamétrica	Con cambio en una categoría diamétrica
<i>Picea mexicana</i> Martínez	0%	66.20%	33.3%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	7%	62%	31%
<i>Pinus arizonica</i>	0%	0%	30%
<i>Populus tremuloides</i>	0%	29%	21%
<i>Abies duranguensis</i>	8%	34%	48%
<i>Pinus ayacahuite</i>	0%	0%	20%

Sin embargo, por los resultados obtenidos puede hacerse notable una mejor adaptación para *Picea mexicana* con respecto a las dos poblaciones anteriores lo cual se justifica con lo mencionado por SEMARNAT - CONANP (2005) que los ecosistemas donde se desarrolla esta conífera, requiere de condiciones microclimáticas específicas, las cuales se encuentran actualmente en esta población.

Por otra parte Cereano-Paredes *et al.* (2009) menciona que las condiciones climáticas de esta región están fuertemente moduladas por fenómenos como El Niño, Oscilación del Sur (ENSO) y el monzón de Norteamérica (MNA) ya que el El MNA produce más del 60% de la precipitación anual para el suroeste del estado de Chihuahua, en el periodo de verano el ENSO propicia un aumento de las lluvias durante el invierno en su fase cálida y una disminución de la precipitación durante el verano, en su fase fría (Niña) ocasiona lluvias normales o por arriba de la media en el verano.

Por otra parte Martínez-Martínez (s/f) menciona que debido a que el Cerro El Mohinora es el único lugar suficientemente alto dentro de la Sierra Madre Occidental como para proveer un refugio a la vegetación septentrional (vegetación caracterizada por la gran abundancia de bosques) de épocas pasadas, es altamente preocupante que algunas actividades humanas que continuamente se efectúan en sitios aledaños a la cumbre, pudieran llegar a provocar disturbios ecológicos en ella dentro de tales actividades se encuentran el sobrepastoreo, los incendios forestales y la deforestación; por lo tanto, mantener la diversidad biológica es el objetivo primordial de la conservación, de allí la gran importancia en conocer la composición de especies en sitios relativamente únicos y vulnerables a la destrucción, que nos puedan brindar información de la historia biológica de tales comunidades ecológicas, y con ello una colaboración científica que resalte la biogeografía del pasado en la determinación de las distribuciones actuales de los organismos y el valor de su conservación futura.

#### 4.2 Crecimiento e incremento en volumen por población

A continuación se presentan incrementos promedios de volumen por especie de La Marta, Rayones, Nuevo León, El Coahuilón, Arteaga, Coahuila y El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.

#### 4.2.1 Crecimiento e incremento en volumen en la población de La Marta, Rayones, Nuevo León.

En esta población el incremento en volumen por hectárea es muy poco y ya que las especies que ahí se encuentran generalmente son de muy lento crecimiento, excepto *Pseudotsuga menziesii* como ya se mencionó. En cuanto al mayor incremento promedio sobresale en *Picea mexicana* ya que presenta un promedio de 3.4072 m<sup>3</sup>, superando a *Abies vejari*, *Pseudotsuga menziesii*, *Populus tremuloides* y especialmente a *Pinus rudis* el cual presenta un decremento de -0.5638 m<sup>3</sup>/ ha (Cuadro 12).

Dicho decremento se debe a la mortalidad presentada en esta especie ya que de acuerdo a su hábitat aunque si se encuentra en el rango altitudinal que requiere, formar rodales puros o se puede encontrar asociado a especies como *Pinus montezumae*, *Pinus hartwegii*, *Pinus pseudostrobus* y *Abies religiosa*, de las cuáles ninguna se encuentra en esta población.

Cuadro 12. Incremento promedio anual por ha en volumen por especie en la población la Marta, Rayones, Nuevo León.

Especie	Estimación número de árboles ha <sup>-1</sup>	Volumen 2012 (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volumen 2008 (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Incremento en volumen Anual ha <sup>-1</sup>
<i>Picea mexicana</i> Martínez	169.1667	82.3669	68.7380	3.40723
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	983.333	36.1848	31.7922	1.09815
<i>Abies vejari</i>	179.1667	68.5025	59.0309	2.36788
<i>Pinus rudis</i>	666.667	46.6637	48.9191	-0.56386
<i>Populus tremuloides</i>	1.25000	0.8319	0.5250	0.07673

En relación al poco incremento resultante y haciendo énfasis en *Picea mexicana*, se tiene una condición similar en un estudio realizado por García-Arévalo (2008) en vegetación y flora de un bosque relictual de *Picea chihuahuana* Martínez en el norte de México teniendo como resultado una baja densidad de

individuos de esta especie la cual indica su insuficiente regeneración, donde la competencia con otras especies mejor adaptadas y su propia biología, han sido elementos que han contribuido en la declinación de las poblaciones, haciéndose notar que los factores ambientales se tornan enemigos innegables del desarrollo de esta especie considerando los cambios ambientales que en las últimas décadas se han suscitado y que se han atribuido a un calentamiento global.

#### 4.2.2 Crecimiento e incremento en volumen en la población El Coahuilón, Arteaga, Coahuila.

En esta población el incremento promedio /ha/año es muy poco tanto para *Picea mexicana* como para *Pseudotsuga menziesii* ya que incrementaron 0.53607 m<sup>3</sup> y 0.19512 m<sup>3</sup> respectivamente y un decremento en *Pinus rudis* de -0.21214 m<sup>3</sup> (Cuadro 13). Debiéndose a los efectos del incendio ocurrido recientemente en el 2011 así como la sequía registrada en el periodo 2011-2012 ya que estas especies son muy susceptibles a estos fenómenos porque están adaptados a lugares húmedos y sombríos, condiciones de las que actualmente están desprovistas (Apéndice 3).

Cuadro 13. Incremento promedio anual por ha en volumen por especie en la población El Coahuilón, Arteaga, Coahuila.

Especie	Estimación número de árboles ha <sup>-1</sup>	Volumen 2012 (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volumen 2008 (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Incremento en volumen anual ha <sup>-1</sup>
<i>Picea mexicana</i> Martínez	112.5	19.5385	16.8581	0.53607
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3.3	3.0053	2.0297	0.19512
<i>Pinus rudis</i>	328.3	74.7432	75.8039	-0.21214

Aunado a lo anterior en lo que respecta al impacto de la sequía en los ecosistemas forestales tiene como consecuencias estrés hídrico, debilitamiento del arbolado, aumento en la vulnerabilidad al ataque de plagas o enfermedades.

Incendios forestales catastróficos riesgo de deforestación y degradación (García-Rodríguez, 2012) y un impacto aun mayor a estas especies en estudio ya que son más susceptibles a la escasez de humedad.

#### 4.2.3 Crecimiento e incremento en volumen en la población El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.

El incremento en volumen para esta población es similar al de la Marta, Rayones Nuevo León para el caso de *Picea mexicana* con 2.25978 m<sup>3</sup> sin presentar incorporación; sin embargo *Pseudotsuga menziesii* presenta un decremento de -1.78561 m<sup>3</sup> (Cuadro 14), pero con casos de incorporación al igual que *Abies duranguensis* lo que podría ocasionar que estas dos especies desplacen a *Picea mexicana*.

Cuadro 14. Incremento promedio anual por ha en volumen por especie en la población El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.

Especie	Estimación número de árboles ha <sup>-1</sup>	Volumen 2012 (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volumen 2008 (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Incremento en volumen Anual ha <sup>-1</sup>
<i>Picea mexicana</i> Martínez	110.8	120.7068	104.8883	2.2598
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	104.5	100.3700	112.8692	-1.7856
<i>Abies duranguensis</i>	154.5	67.0785	70.0145	-0.4194
<i>Pinus arizonica</i>	135.6	64.2404	63.7440	0.0956
<i>Populus tremuloides</i>	14.0	21.7849	17.8217	0.5662
<i>Pinus ayacahuite</i>	7.5	0.3192	0.0357	0.0405

Algo similar resultó en un estudio realizado por Sánchez-Córdova (1979) para *Picea Chihuahuana*, en las poblaciones que se encuentran también en el estado de Chihuahua ya que *Abies duranguensis* y *Pinus ayacahuite* presentan mayor número de renuevos y se llegó a la conclusión que esta *Picea chihuahuana* podría ser desplazada por la agresividad de estas dos especies resultando una

verdadera competencia entre especies a lo que se le consideró uno de los principales agentes nocivos para esta especie, seguido por plagas y enfermedades así como también actividades humanas como el pastoreo y cortas clandestinas.

Por otra parte es importante mencionar que los resultados obtenidos en estas tablas de proyección en volumen que se han venido mencionando, son diferentes cuando se trata de una conífera que sea susceptible a desaparecer como es en este caso *Picea mexicana* ya que no se puede intervenir silvícolamente pero si aplicar medidas para su conservación.

En cambio en otras coníferas si han utilizado la metodología de parcelas permanentes pero tomando en cuenta edad, calidad de estación y la intervención con aclareos como es el caso de un estudio realizado por Montero *et al.* (2000) para *Pinus halepensis* donde como resultado se obtuvo que habría una evolución en la masa después de haber aplicado aclareos moderados y que debidamente al bajo crecimiento de la especie y a su menor capacidad de reocupar las estaciones, se recomendó que después de una aclareo fuerte se dejen pasar 15 años para un nuevo aclareo.

De igual manera Sánchez *et al.* (2003) realizó un estudio de crecimiento y tablas de producción para la especie de *Pinus radiata* a partir de una sola medición de parcelas de inventario, análisis truncales de árboles dominantes y árboles tipo también tomando en cuenta la intervención con aclareos, teniendo como resultado 12 tablas de producción , una para cada tipo de parcela y cada calidad de estación donde el crecimiento medio de la masa a los 30 años es casi idéntico a las dos parcelas de mayor densidad, lo cual hace ver la eficiencia de las tablas de producción.

#### 4.3 Comparación de incrementos en volumen entre poblaciones

En base al análisis de varianza realizado en el programa SAS, la comparación de incremento en volumen muestra que no existe diferencia significativa entre poblaciones (Cuadro 15), sin embargo si se presentaron valores



de significancia en la variación de los incrementos en volumen de los sitios en las poblaciones como podemos observar en el Cuadro 16, donde solamente en la población de La Marta la diferencia entre sitios fue significativa.

Cuadro 15. Comparación de diferencia de cuadrados mínimos entre poblaciones.

Población	_Población	gl	Diferencia	T	Pr>[t]
La Marta	El Coahuilón,	19	5.8671	1.65	0.1153
,Rayones, Nuevo León	Arteaga, Coahuila				
La Marta	El Mohinora,	19	5.6721	1.78	0.0905
,Rayones, Nuevo León	Guadalupe y Calvo, Chihuahua				
El Coahuilón, Arteaga, Coahuila	El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua	19	-0.1950	-0.06	0.9517

Sxy= error estándar gl=grados de libertad T =valor de t

Cuadro 16. Cuadrados medios del análisis de varianza del incremento promedio anual por hectárea entre sitios de poblaciones de *Picea mexicana* Martínez.

Población	GI	C M	Error estándar	T	Pr>t
La Marta; Rayones, Nuevo León	19	6.3861	2.5141	2.54	0.0200
El Coahuilón, Arteaga, Coahuila	19	0.5190	2.5141	0.21	0.8386
El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua	19	0.7141	1.9974	0.37	0.7179

gl=grados de libertad C M =Cuadrados medios T= valor de t Pr >t= significancia

Por lo tanto, la ausencia de diferencias significativas en incremento en volumen entre las poblaciones se debe al lento crecimiento que presentan las especies de las que se ha venido hablando como respuesta al tipo de clima

subalpino, al tipo de suelo, a la densidad presente, a la mortalidad y el periodo de tiempo transcurrido entre la primera y segunda evaluación.

Sin embargo una razón más por la que no se presentan diferencias significativas se debe a que en estas poblaciones no se llevan a cabo tratamientos silvícolas como en otras coníferas y latifoliadas ya que en un estudio realizado por Cruz-Jiménez (2012) donde en el análisis de varianza entre los dos inventarios (1993 y 2003) para manejo, mostró que existieron diferencias altamente significativas para *Pinus* y para latifoliadas lo que significa que a nivel de los subrodales existió un aumento significativo de las existencias reales totales ( $m^3/ha$ ) en ambos casos, representando el efecto de la aplicación de los tratamientos silviculturales durante estos diez años, así como en el Incremento Medio Anual (IMA) e Incremento Corriente anual (ICA) en *Pinus* también las diferencias fueron altamente significativas.

## 5 CONCLUSIONES

Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la alterna ya que no se tuvo diferencia significativa en incremento de volumen para entre poblaciones de *Picea mexicana* con respecto a la primera evaluación, por lo tanto la incorporación y la mortalidad no modifican el incremento.

Los incrementos de volumen en *Picea mexicana* no son representativos, principalmente porque es una especie de muy lento crecimiento y porque presenta escasa incorporación de arbolado.

La competencia con especies asociadas pueden dar lugar al desplazamiento de *Picea mexicana* Martínez principalmente en la población del Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.

La ocurrencia de sequías ocurridas en los últimos años ha afectado fuertemente las poblaciones de *Picea mexicana* Martínez.

## 6 RECOMENDACIONES

Las tablas de proyección de volumen deben realizarse para un periodo de no muy prolongado, no menor a cinco años ya que la ocurrencia de siniestros puede modificar notablemente la estructura arbórea y por lo tanto no se llegará a los incrementos esperados.

Elaborar tablas de volumen en cada región, ya que las características ecológicas entre regiones son diferentes y esto puede causar sobreestimaciones o subestimaciones al momento de utilizarlas.

Es necesario restaurar las áreas degradadas por incendios con especies adaptadas y que propicien las condiciones adecuadas para la propagación de *Picea mexicana* Martínez y especies asociadas necesitan para desarrollarse.

Se recomienda elaborar tablas de proyección de volumen para especies en este estatus de peligro de extinción, para darnos cuenta de su comportamiento en cuanto a crecimiento o mortalidad y de esta manera aportar alternativas de conservación.

## 7 LITERATURA CITADA

- Aguirre-Calderón, O., J. Jiménez–Pérez, H. Kramer y A. Acka. 2003. Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. *Ciencia UANL*, 6 (2): 219-225.
- Aguirre, O. A. s/f. Elaboración de tablas de producción en base a parcelas temporales de muestreo. Facultad de ciencias forestales. Linares, Nuevo León, México. 7 p.
- Amico I. J. Bava, A. Calderón. s/f. Tabla de volumen para *Populus nigra* cv 'Italica' en plantaciones lineales en el noroeste de Chubut. 7 p.
- Arreola-Ortiz M. R., M. González-Elizondo y J. de J. Nívar Cháidez. 2010. Dendrocronología de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco de la Sierra Madre Oriental en Nuevo León, México. *Madera y Bosques*. 16: 1. 71-84.
- Avery, T. E. B. and Harould E. 2002. *Forest measurements*. Mc Graw-Sill. (Fifth edition) 5 th ed. Boston Burr Ridge. 45 p.
- Brazo-Oviedo A. y Montero-González G. s/f. Descripción de los caracteres culturales de las principales especies forestales de España. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Madrid, España. 102 p.
- Camacho .M. y Orozco, L. 1998. Patrones fenológicos de doce especies arbóreas del bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Biología Tropical*. 46: 3. 10 p
- Capó-Arteaga, M. A., S. Valencia-Manzo, C. Flores-López, 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. 160 p.
- Cereano-Paredes J., J. Villanueva-Díaz, P. Z. Fulé, J. G. Arreola- Villa, I. Sánchez-Cohen y R. D. Valdéz-Cepeda. 2009. Reconstrucción de 350 años de precipitación para el suroeste de Chihuahua, México. *Maderas y Bosques*. 15: 2. 27-44.

- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1998. Hidrología. Escala 1: 250000. [Fecha de consulta: 15 marzo 2014]. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/maps/cc/cue250kgw\\_c.zip](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/maps/cc/cue250kgw_c.zip).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1995. Climatología. Escala 1: 1000000. [Fecha de consulta: 15 marzo 2014]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/maps/geo/clima1mgw.zip>.
- CONANP-SEMARNAT. 2005. Estudio previo justificativo para el establecimiento de área natural protegida: Área de Protección de Flora y Fauna Cerro del Mohinora. 64 p.
- Cruz- Jiménez, Gabino. 2012. Análisis de sistema silvicultural y su efecto sobre los rendimientos maderables en Capulálpam de Méndez, Oaxaca. Tesis profesional. Universidad de la Sierra Juárez. Ixtlán de Juárez, Oaxaca.
- Cumplido-Ortiz, R. 2002. Tablas de volúmenes y de incrementos para tres especies del género *Pinus* de tres predios del estado de Chihuahua, México. Tesis profesional. Chapingo, Texcoco, Estado de México. 126 p.
- Esquivel-Solís, R. M. s/f. Sistema de información, monitoreo y evaluación para la conservación. *In: Hacia una evaluación de las áreas naturales protegidas del trópico mexicano*. Universidad Veracruzana. Centro de Investigaciones Tropicales. Xalapa, Veracruz, México. pp 25-34.
- 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*. García-Aguilar, H., Castañón-Martínez, L.J., Enríquez-Rubio, E., Caballero-Deloya, M., González-Vicente, C.E., Musalem S, M. A., Villarreal-Canton, R., Bolio-Alfaro, E., Novelo-González, G., Espinoza de los Monteros J., C. J. (Comps.). Subsecretaría forestal e Instituto Nacional de investigaciones forestales y SARH. México, D.F. p 6.
- Flores-López, C., J. López-Upton, J. J. Vargas-Hernández. 2005. Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez. *Agrociencia*, 39: 117-126.

- Gadow, K. v., S. Sánchez- Orois. y J. G. Álvarez-González. 2007. Estructura y crecimiento del bosque.140 p.
- Gadow, K. v., S. Sánchez-Orois. y O.A. Aguirre-Calderón. 2004. Manejo forestal con bases científicas. Maderas y bosques. 10(2): 3-16.
- García- Arévalo, A. 2008. Vegetación y flora de un bosque relictual de picea chihuahuana Martínez del norte de México. Polibotánica. 25:45-68.
- García-Rodríguez, L. J. 2012. La Sequía en terrenos forestales de México. Seminario de información estadística y geográfica para prevenir y mitigar los efectos de la sequía e inundaciones en la población y en la economía. SEMARNAT - CONAFOR. Ciudad de México. 30 p.
- Granados- Sánchez, D. G. F. López- Ríos y M. A. Hernández- Galicia. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. Chapingo. 13.1: 67-13.
- Gordon, A.G. 2011. Ecology *chihuahuana* of *Picea* Martínez. Ecology. 5.49: 880-896.
- Guiner, 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 agricultura de temporal. Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Saltillo Coahuila. 12 p.
- Gutiérrez- García, 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 Nicolás de los Garza, Nuevo León.105 p.
- Groothousen, C. y C. Alvarado. 2000. Las parcelas de muestreo permanente: bases para estudios de crecimiento y rendimiento en bosques de pino en Honduras. AFE-COHDEFOR y ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. 88p.
- Harold, W. y Hocker Jr.1984. introducción a la biología forestal. F.A. Bellomo-López (Traductor) A. G. T. Editor, S.A. México, D.F.446 p.
- Hernández P. J. y Corvalán V. P. s/f Evaluación de la estructura horizontal y vertical de bosque nativo usando LIDAR. Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile.10 p.

- Hernández S., D. 2009. Variación morfológica y anatómica en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez de México. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 64 p.
- Imaña E., J., O. Encinas B. 2008. Epidimetría forestal. Brasilia: Universidade de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal. Mérida: Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 68 p.
- Instituto Nacional de investigaciones Forestales (INIF). Edafología. Escalas 1: 25000 y 1: 1000000. [Fecha de consulta: 15 marzo 2014]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/maps/geo/clima1mgw.zip>.
- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. 2a. ed. Universidad Autónoma Chapingo, México. 279 p.
- Kuehl, R. O. 2001. Diseño de experimentos, principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. 2da ed. Ed. Thomson Learning. México, D. F. 66p.
- Ledig, F. T. 2012. Climate change and conservation. *Versita*. 8: 57-74.
- Ledig, F. T., G. E. Rehfeldt., C. Sáenz-Romero, C. Flores-López. 2010. Projections of suitable habitat for rare species under global warming scenarios. *American Journal of Botany*, 97(6): 970–987.
- Ledig, F. T., P. D. Hodgskiss and V. Jacob-Cervantes. 2002. Genetic diversity, mating system, and conservation of a Mexican subalpine relict, *Picea mexicana* Martínez. *Conservation Genetics*, 3: 113–122.
- LGEEPA.2012. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación, 28 de enero de 1988. Última reforma publicada el 4 de junio del 2012. Artículo 45.
- LGVS.2014.Ley General de Vida Silvestre. Diario Oficial de la Federación, 3 de julio del año 2000. Última reforma publicada el19-03-2014. Artículos 85 y 87.
- López-López., D. 2009. Crecimiento de *Picea mexicana* Martínez en poblaciones naturales de México. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.68 p.
- Madrid, S., 2005. Resumen público de certificación de Ejido La Trinidad. Consejo Civil Mexicano para la Silviculture Sostenible. Xalapa, Ver. 63 p.



- Manzanero, M. A. 2003 Importancia de las parcelas permanentes en el muestreo forestal sostenible y en la certificación forestal y otras alternativas en la metodología de parcelas permanentes de muestreo. Taller monitoreo de la respuesta dinámica del bosque e a través de parcelas permanentes de muestreo. CONAP, ACOFOP, CHEMONICS INC. Proyecto BIOFOR. Santa Elena, Petén, Guatemala. 18 p.
- Manzanero M., G. Pinelo. 2004. Plan silvicultural en unidades de manejo forestal. Mora E.W.W.F. 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>.
- Marroquín-Flores, R. A. J. Jiménez-Pérez, F. Garza –Ocañas, O. Aguirre Calderón, E. Castellón, R. Bourguet- Díaz. 2006. Pruebas de regeneración artificial de *Pinus pseudotrobus* en localidades degradadas por incendios. Ciencia UANL. 3. 9; 7 p.
- Martínez- Martínez, J. s/f. Flora y fitogeografía de la vegetación alpina –subalpina del Cerro Mohinora, Sierra Madre Occidental, Chihuahua, México. Programa de Ciencias Biológicas. 3 p.
- Martínez, M., 1961. Una nueva especie de *Picea* en México. Anales del instituto de biología. México. 32. pp 137-142.
- Mendoza H., J. M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Departamento de Agrometeorología UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 619 p.
- Montero, G. J. M. Grau, R. Ruiz-Peinado, C. Ortega y I. Cañellas. 2000. Tablas de producción para *Pinus halepensis* Mill. Ciencia Forestal. 10: 183-188.
- Olvera-Vargas, M., S. Moreno G, B. Figueroa. R. 1996. Sitios permanentes para la investigación silvícola. FOMES U de G. Guadalajara, Jalisco, México. 67 p.
- Robert, S. A. 1987. Ecology, Silviculture, and Management of the Engelmann Spruce -Subalpine Fir Type in the Central and Southern Rocky Mountains.

- USDA Forest Service, Agriculture Handbook. Washington, DC: U.S., num. 659. 144 p.
- Sánchez-Córdova. J. 1984. *Picea chihuahuana* una conífera en peligro de extinción. Ciencia Forestal. 51. 9: 13 p.
- Sánchez, F., R. Rodríguez, A. Rojo, J. G. Álvarez, C. López, J. Gorgoso y F. Castedo. 2003. Crecimiento y tablas de producción de *Pinus radiata* D. Don en Galicia Investigación Agraria; Sistema de Recursos Forestales.12. 2: 65-83.
- 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).Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D.F.173 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., num. 52.12 p.
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1992. Vegetación y uso de suelo. Escala 1: 250000 Hidrología. Escala 1: 250000.[Fecha de consulta:15marzo2014].Disponibleen:[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/maps/ccl/usv1m92gw\\_c.zip](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/maps/ccl/usv1m92gw_c.zip).
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana-059-Semarnat. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestre-categorías de riesgos y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio a lista de especies riesgo. Diario Oficial de la Federación Fecha de publicación. 30 de diciembre 2010. pp. 1-77. [Fecha de consulta: 04 febrero 2014].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).

Sierra V., A. E. 2005. Viabilidad de semillas de *Picea mexicana* Martínez y su relación con indicadores reproductivos. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 72 p.

SPP-INEGI. 1998. Síntesis geográfica de Coahuila. México. 163 p.

SPP-INEGI. 1981. Síntesis geográfica de Nuevo León. México. 170 p.

Valencia-Manzo, S., C. Flores-López, M. A. Capó-Arteaga, S. Braham Sabag, R. Santos R. G, M. C. Zúñiga B. 2012. Conservación de coníferas con distribución restringida y en peligro de extinción del noreste de México. Programa de recursos forestales.943 p. [Fecha de consulta: 25 febrero 2014]Disponible en://uaaan.mx/DirInv/comeaa/Avances\_y\_Rdos\_Inv/ARPI\_1991-http\_2001\_Ed\_2012\_rt.pdf#page=785.

Young, R. A., 1991. Introducción a las ciencias forestales. J. Hurtado-Vega (Traductor) Limusa S.A. de C.V. México, D.F.632 p.

## ANEXOS

Anexo 1. Porcentaje del número de árboles por especie con mortalidad, cambio en una categoría diamétrica y sin cambio en una categoría diamétrica en una superficie de 1000 m<sup>2</sup> dentro del periodo 2008-2013, en la población La Marta, Rayones Nuevo León.

Especie	No. de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Picea mexicana</i> Martinez	1	0%	17.4%	82.6%
<i>Picea mexicana</i> Martinez	2	0%	17.9%	82.1%
<i>Picea mexicana</i> Martinez	3	0%	14.1%	85.90%
<i>Picea mexicana</i> Martinez	4	0%	0%	100%
<i>Picea mexicana</i> Martinez	5	0%	38.9%	61.1%
<i>Picea mexicana</i> Martinez	6	0%	0%	100%
Promedio		0%	15%	85%

Especie	No de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1	0%	62.50%	37.50%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	2	0%	46.30%	53.30%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3	0%	0%	100%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	4	0%	100%	0%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	5	0%	46.80%	53.2%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	6	0%	19%	81%
Promedio		0%	46%	54%

Especie	No. de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Abies vejari</i>	1	0%	36.4%	63.6%
<i>Abies vejari</i>	2	0%	0%	100%
<i>Abies vejari</i>	3	0%	0%	100%
<i>Abies vejari</i>	4	53%	47%	0%
<i>Abies vejari</i>	5	0%	36.8%	63.2%
<i>Abies vejari</i>	6	0%	57%	43%
Promedio		9%	30%	62%

Especie	No.de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Pinus rudis</i>	1	0%	45.5%	54.5%
<i>Pinus rudis</i>	2	48%	25.9%	25.9%
<i>Pinus rudis</i>	3	0%	5.4%	94.6%
<i>Pinus rudis</i>	4	0%	0%	0%
<i>Pinus rudis</i>	5	0%	28.6%	71.4%
<i>Pinus rudis</i>	6	0%	29%	71%
Promedio		8%	22%	53%

Especie	No. de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Populos tremuloides</i>	1	0%	0%	0 %
<i>Populos tremuloides</i>	2	0%	0%	0%
<i>Populos tremuloides</i>	3	0%	0%	0%
<i>Populos tremuloides</i>	4	67%	33%	0%
<i>Populos tremuloides</i>	5	0%	0%	0%
<i>Populos tremuloides</i>	6	0%	0%	0%
Promedio		11%	6%	0%

Anexo 2. Porcentaje del número de árboles por especie con mortalidad, cambio en una categoría diamétrica y sin cambio en una categoría diamétrica en una superficie de 1000 m<sup>2</sup> dentro del periodo 2008-2013, en la población El Coahuilón, Arteaga, Coahuila.

Especie	No. de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Picea mexicana</i> Martínez	1	100%	0%	0%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	2	0%	0%	100%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	3	48%	23.1%	28.8%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	4	0%	41%	59%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	5	0%	57.2%	42.8%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	6	0%	38%	62%

Especie	No. de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1	0%	0%	0%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	2	0%	0%	0%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3	0%	100%	0%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	4	0%	100%	0%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	5	0%	0%	0%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	6	0%	0%	0%

Especie	No. de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Pinus rudis</i>	1	14%	21.4%	64.3%
<i>Pinus rudis</i>	2	0%	100%	0%
<i>Pinus rudis</i>	3	0%	0%	100 %
<i>Pinus rudis</i>	4	0%	0%	100%
<i>Pinus rudis</i>	5	86%	14.3%	0 %
<i>Pinus rudis</i>	6	80%	20%	0%

Anexo 3. Porcentaje del número de árboles por especie con mortalidad, cambio en una categoría diamétrica y sin cambio en una categoría diamétrica en una superficie de 1000 m<sup>2</sup> dentro del periodo 2008-2013, en la población El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.

Especie	No. de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Picea mexicana</i> Martínez	1	0%	33.3%	66.2%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	2	0%	100 %	0%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	3	4%	35.6%	60.4%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	4	20%	20%	60%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	5	0%	25%	75%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	6	0%	25%	75%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	7	0%	90%	10%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	8	57%	20%	23.3%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	9	0%	54.2%	45.8%
<i>Picea mexicana</i> Martínez	10	0%	0%	100%

Especie	No. de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1	0%	68.8%	31.2%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	2	13%	75.0%	12.5%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3	40%	20.0%	40.0%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	4	7%	20.0%	73.3%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	5	13%	46.7%	40%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	6	0%	0.0%	100%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	7	0%	8.0%	92%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	8	0%	33.4%	66.7%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	9	0%	0%	100%
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	10	0%	33.3%	66.7%



Especie	No. de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Pinus arizonica</i>	1	0%	100%	0%
<i>Pinus arizonica</i>	2	0%	0%	0%
<i>Pinus arizonica</i>	3	0%	0%	0%
<i>Pinus arizonica</i>	4	0%	0%	0%
<i>Pinus arizonica</i>	5	0%	100%	0%
<i>Pinus arizonica</i>	6	0%	0%	0%
<i>Pinus arizonica</i>	7	0%	0%	0%
<i>Pinus arizonica</i>	8	0%	0%	0%
<i>Pinus arizonica</i>	9	0%	0%	0%
<i>Pinus arizonica</i>	10	0%	100%	0%

Especie	Num de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Populus tremuloides</i>	1	0%	25%	75%
<i>Populus tremuloides</i>	2	0%	0%	0%
<i>Populus tremuloides</i>	3	0%	50%	50%
<i>Populus tremuloides</i>	4	0%	0%	0%
<i>Populus tremuloides</i>	5	0%	0%	0%
<i>Populus tremuloides</i>	6	0%	0%	0%
<i>Populus tremuloides</i>	7	0%	100%	0%
<i>Populus tremuloides</i>	8	0%	33%	67%
<i>Populus tremuloides</i>	9	0%	0%	100%
<i>Populus tremuloides</i>	10	0%	0%	0%

Especie	No. de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Abies duranguensis</i>	1	0%	0%	0%
<i>Abies duranguensis</i>	2	0%	100%	0%
<i>Abies duranguensis</i>	3	46%	15%	39%
<i>Abies duranguensis</i>	4	22%	78%	0%
<i>Abies duranguensis</i>	5	0%	63%	37%
<i>Abies duranguensis</i>	6	0%	42%	58%
<i>Abies duranguensis</i>	7	0%	100%	0%
<i>Abies duranguensis</i>	8	11%	11%	78%
<i>Abies duranguensis</i>	9	0%	17%	83%
<i>Abies duranguensis</i>	10	5%	54%	41%

Espece	No de sitio	Mortalidad	Con cambio en una categoría diamétrica	Sin cambio en una categoría diamétrica
<i>Pinus ayacahuite</i>	1	0%	0%	0%
<i>Pinus ayacahuite</i>	2	0%	100%	0%
<i>Pinus ayacahuite</i>	3	0%	0%	0%
<i>Pinus ayacahuite</i>	4	0%	0%	0%
<i>Pinus ayacahuite</i>	5	0%	0%	0%
<i>Pinus ayacahuite</i>	6	0%	0%	0%
<i>Pinus ayacahuite</i>	7	0%	0%	0%
<i>Pinus ayacahuite</i>	8	0%	0%	0%
<i>Pinus ayacahuite</i>	9	0%	0%	0%
<i>Pinus ayacahuite</i>	10	0%	100%	0%

Anexo 4 Incremento promedio anual por ha en volumen por especie en cada sitio en la población La Marta, Rayones, Nuevo León.

Especie	No. de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Picea mexicana</i> Martínez	1	11.5	5.01582	2.17317	7.10662
<i>Picea mexicana</i> Martínez	2	24.5	7.72395	5.98976	4.33547
<i>Picea mexicana</i> Martínez	3	44.5	29.59136	26.77883	7.03132
<i>Picea mexicana</i> Martínez	4	1	1.61231	1.61231	0.00000
<i>Picea mexicana</i> Martínez	5	18	3.10823	2.32023	1.96999
<i>Picea mexicana</i> Martínez	6	2	2.36849	2.36849	0.00000

Especie	No. de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1	8	3.02415	3.14259	-0.29611
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	2	15	4.23197	4.22276	0.02302
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3	7.5	0.50603	0.50603	0.00000
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	4	1	0.75455	0.43835	0.79050
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	5	12	7.86692	6.64679	3.05033
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	6	15.5	5.32724	4.11878	3.02114

Especie	No. de Sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Abies vejari</i>	1	5.5	2.90201	2.45130	1.12677
<i>Abies vejari</i>	2	4	2.74831	2.74831	0.00000
<i>Abies vejari</i>	3	3.5	0.13066	0.13066	0.00000
<i>Abies vejari</i>	4	46.5	21.44249	17.68902	9.38368
<i>Abies vejari</i>	5	19	2.67488	1.86036	2.03629
<i>Abies vejari</i>	6	29	11.20313	10.53890	1.66057

Especie	No de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Pinus rudis</i>	1	5.5	5.79265	6.87877	-2.71529
<i>Pinus rudis</i>	2	4	6.69766	7.43204	-1.83594
<i>Pinus rudis</i>	3	18.5	14.16622	13.89142	0.68699
<i>Pinus rudis</i>	4	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus rudis</i>	5	3.5	0.66130	0.49611	0.41296
<i>Pinus rudis</i>	6	8.5	0.68040	0.65315	0.06813

Especie	No de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Populus tremuloides</i>	1	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Populus tremuloides</i>	2	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Populus tremuloides</i>	3	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Populus tremuloides</i>	4	7.5	0.49914	0.31499	0.46038
<i>Populus tremuloides</i>	5	0	0	0.00000	0.00000
<i>Populus tremuloides</i>	6	0	0.00000	0.00000	0.00000

Anexo 5. Incremento promedio anual por ha en volumen por especie en cada sitio en la población El Coahuilón, Rayones, Nuevo León.

Especie	No de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Picea mexicana</i> Martínez	1	0	0	0.47152	-0.94304
<i>Picea mexicana</i> Martínez	2	1	0.09431	0.09431	0.00000
<i>Picea mexicana</i> Martínez	3	18.5	0.94080	0.59376	0.69408
<i>Picea mexicana</i> Martínez	4	16	6.66881	6.44361	0.45040
<i>Picea mexicana</i> Martínez	5	7	1.76930	1.02541	1.48778
<i>Picea mexicana</i> Martínez	6	25	2.24988	1.48627	1.52721

Especie	No de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1	0	0	0.00000	0.00000
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	2	0	0	0.00000	0.00000
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3	1	0.17184	0.04219	0.25929
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	4	1	1.63135	1.17564	0.91142
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	5	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	6	0	0.00000	0.00000	0.00000
Promedio		0.33333	0.30053	0.20297	0.19512

Especie	No de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Pinus rudis</i>	1	120	21.85944	26.37351	-9.02814
<i>Pinus rudis</i>	2	2	5.07081	3.63260	2.87642
<i>Pinus rudis</i>	3	25	4.22312	3.11993	2.20638
<i>Pinus rudis</i>	4	13.5	2.37568	2.37568	0.00000
<i>Pinus rudis</i>	5	7	8.37735	7.94145	0.87180
<i>Pinus rudis</i>	6	29.5	2.93954	2.03919	1.80069

Anexo 6. Incremento promedio anual por ha en volumen por especie en cada sitio en la población El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.

Especie	No de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Picea mexicana</i> Martínez	1	3	2.69030	2.56664	0.17665
<i>Picea mexicana</i> Martínez	2	3	5.68852	3.15830	3.61460
<i>Picea mexicana</i> Martínez	3	50.3	37.38748	29.98686	10.57231
<i>Picea mexicana</i> Martínez	4	4	9.59072	9.05341	0.76758
<i>Picea mexicana</i> Martínez	5	3.9	2.20450	1.70930	0.70742
<i>Picea mexicana</i> Martínez	6	8	17.79633	14.98193	4.02057
<i>Picea mexicana</i> Martínez	7	13	8.44737	5.50739	4.19996
<i>Picea mexicana</i> Martínez	8	11.5	21.15360	21.72757	-0.81996
<i>Picea mexicana</i> Martínez	9	12	14.20938	14.65825	-0.64125
<i>Picea mexicana</i> Martínez	10	2	1.53866	1.53866	0.00000

Especie	No de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1	55	7.38488	5.91333	2.10222
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	2	7	9.70048	13.34239	-5.20273
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	3	3	7.26096	20.30346	-18.6321526
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	4	14	26.51310	25.83964	0.96208
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	5	6.5	6.32341	9.59314	-4.67104
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	6	1	0.11047	0.11047	0.00000
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	7	2	8.22125	7.71415	0.72444
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	8	3	14.41832	12.37550	2.91831
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	9	1	1.22538	1.22538	0.00000
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	10	12	19.21171	16.45179	3.94275

Especie	No de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Abies duranguensis</i>	1	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Abies duranguensis</i>	2	3.5	1.24320	0.92220	0.45857
<i>Abies duranguensis</i>	3	10.5	5.971630672	15.48267307	-13.58720342
<i>Abies duranguensis</i>	4	4.5	1.39021	0.60413	1.12296
<i>Abies duranguensis</i>	5	67	7.35110	5.44446	2.72376
<i>Abies duranguensis</i>	6	13	10.16722	8.83394	1.90468
<i>Abies duranguensis</i>	7	3	2.74886	2.26090	0.69709
<i>Abies duranguensis</i>	8	8	23.98862	24.08341	-0.13541
<i>Abies duranguensis</i>	9	6	7.65463	7.61173	0.06129
<i>Abies duranguensis</i>	10	39	6.56304	4.77105	2.55998

Especie	No de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Pinus arizonica</i>	1	1	0.55222	0.18373	0.52642
<i>Pinus arizonica</i>	2	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus arizonica</i>	3	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus arizonica</i>	4	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus arizonica</i>	5	1	8.83785	7.29800	2.19979
<i>Pinus arizonica</i>	6	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus arizonica</i>	7	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus arizonica</i>	8	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus arizonica</i>	9	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus arizonica</i>	10	1	2.05244	1.96091	0.13076

Especie	No de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Populus tremuloides</i>	1	4	4.89157	4.49878	0.56113
<i>Populus tremuloides</i>	2	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Populus tremuloides</i>	3	2	3.27701	2.071289	1.722461
<i>Populus tremuloides</i>	4	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Populus tremuloides</i>	5	1	8.83785	7.29800	2.19979
<i>Populus tremuloides</i>	6	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Populus tremuloides</i>	7	1	2.72159	1.98837	1.04745
<i>Populus tremuloides</i>	8	3	0.00204	0.00196	0.00011
<i>Populus tremuloides</i>	9	2	0.00243	0.00243	0.00000
<i>Populus tremuloides</i>	10	1	2.05244	1.96091	0.13076

Especie	No de sitio	Predicción número de árboles en 1000 m2	Volumen (v2, 2012) en 1000 m2	Volumen (v1, 2008) en 1000 m2	Incremento en volumen Anual/ha
<i>Pinus ayacahuite</i>	1	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus ayacahuite</i>	2	5	0.03518	0.00000	0.05026
<i>Pinus ayacahuite</i>	3	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus ayacahuite</i>	4	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus ayacahuite</i>	5	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus ayacahuite</i>	6	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus ayacahuite</i>	7	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus ayacahuite</i>	8	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus ayacahuite</i>	9	0	0.00000	0.00000	0.00000
<i>Pinus ayacahuite</i>	10	2.5	0.28402	0.03571	0.35473



## APÉNDICE

Apéndice 1 Toma de datos en sitios permanentes en las poblaciones de *Picea mexicana* Martínez.



Apéndice 2. Condicion actual de la poblacion La Marta, Rayones Nuevo León.



Apendice 3. Condición actual de la población El Coahuilón, Arteaga, Coahuila despues de la afectación del incendio ocurrido y la sequía en los periodos 2011-2012.



Apendice 2. Condición actual de la población El Mohinora, Guadalupe y Calvo, Chihuahua.



