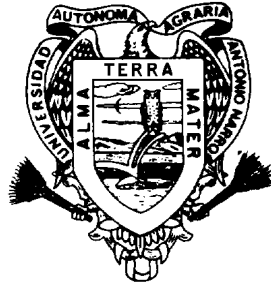


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Variación Morfológica y Anatómica *Pinus Coulteri* D. Don de Acículas en
Poblaciones Naturales de Baja California

Por:

ALFREDO ARELLANO CHOCA

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2013

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Variación Morfológica y Anatómica *Pinus coulteri* D. Don de Acículas en Poblaciones Naturales de Baja California

Por:

ALFREDO ARELLANO CHOCA

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada

M.C. Celestino Flores López
Asesor Principal

Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga
Coasesor

Dra. Francisca Ramírez Godina
Coasesor

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

Saltillo, Coahuila, México
Junio de 2013

Este proyecto de tesis ha sido apoyado por el proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 02-030207-2192, a cargo del profesor investigador M.C. Celestino Flores López

DEDICATORIA

A mis padres

Guadalupe Arellano Silvestre y † Guadalupe Choca Acalco por darme la vida.

A mis hermanos

Eugenia Arellano Choca, Carmelo Arellano Choca, Rocío Arellano Choca, Zenaida Arellano Choca, Miguel Ángel Arellano Choca, Delfina Arellano Choca, Leticia Arellano Choca, María Elena Arellano Choca y Roberto Arellano Choca, quienes quiero y respeto, gracias por el apoyo moral incondicional que me brindaron.

A mi esposa

Dulce Lizbeth Cosme Rodríguez, que es el ser más hermoso que puso en mi camino Dios, ella es la persona que amo mucho y con la que he compartido alegrías y tristezas.

A mis sobrinos

Yazmin Cabrera Arellano, Yessenia Cabrera Arellano, Miriam Guadalupe García Arellano, Juan José Cabrera Arellano, Luis David Cabrera Arellano, Daniel García Arellano, Omar Arellano Torres, Mayte Arellano Torres, Guadalupe Cabrera Arellano, Mayra Barbosa Arellano, Cristal Cortes Arellano, Yamileth García Arellano, Yareli Arellano Valdemar y Mileydi Aldana Arellano.

A mis cuñados

Margarito Barbosa Margarito Cabrera Santos Aldana Abundio Cortes y Pedro García por su apoyo moral.

A mis amigos

Pedro Roblero, Hernán Sánchez, Eric Santiago, Néstor Hernández, Omar Rueda, Juan Estrada y compañeros de la generación CXV.

AGRADECIMIENTOS.

A Dios por la vida, por tener una familia hermosa y unida; al señor de Tepalcingo Jesús de Nazareno por cuidar de mis seres queridos en mi ausencia.

A mi Alma Terra Mater la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales.

En especial al M.C. Celestino Flores López, por su tiempo, dedicación, paciencia en la elaboración del trabajo y también por el apoyo moral y económico brindando.

Dra. Francisca Ramírez Godina y al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga por sus comentarios y revisión del trabajo.

Al Departamento forestal y su personal docente por haber contribuido en mi formación profesional.

Al Departamento de Fitomejoramiento, por permitirme llevar a cabo trabajo de laboratorio, en especial a la T.A. Norma Leticia Portos Gaona por su valiosa ayuda en el trabajo de laboratorio.

A Nazario Ortega Ocampo, José Trinidad Martínez Cruz y María de los Ángeles Arteaga Remigio que me apoyaron en este trabajo.

Al señor Arnulfo Tranquilino Aguirre Zamora por brindarme trabajo en mi permanencia en la universidad al Ingeniero Gilberto Cabrera Hernández por su apoyo moral.

Al Fis. Dariel I. Cheyral Hervert y a la Profa Ma. Eunice Hervert Lozano, al equipo técnico del despacho Victum Consultoría Profesional S.C. y de la organización Filos XXI A.C. gracias por abrirme las puertas para realizar mis prácticas profesionales. ¡Muchas Gracias!

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Hipótesis	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Descripción de <i>Pinus coulteri</i> D. Don.....	3
2.2 Definición Variación natural y tipos de variación.....	4
2.3 Estudios realizados sobre variación en coníferas	5
2.4 Metodologías empleadas en los estudios para el análisis de la variación. ...	7
2.5 Estudios en variación morfológica y genética de <i>Pinus coulteri</i> D. Don.....	10
3 MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1 Descripción de las áreas de estudio <i>Pinus coulteri</i>	12
3.1.1 Localización.....	12
3.1.2 Aspectos ecológicos.....	12
3.2 Muestreo, colecta de muestras botánicas.....	14
3.3. Variables estudiadas.....	15
3.3.1 Variables morfológicas	15
3.3.2 Variables anatómicas	16
3.4. Análisis estadístico.....	19
3.4.1 Verificación de normalidad	19

3.4.2. Estadísticas descriptivas	20
3.4.3. Análisis de varianza y estimación de componentes de varianza	20
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1 Normalidad de las variables	22
4.2 Comparación entre poblaciones	22
4.3 Componentes de varianza	26
4.4 Análisis multivariado	29
4.4.1 Componentes principales.....	29
5 CONCLUSIONES	34
6 RECOMENDACIONES	35
7 LITERATURA CITADA.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Estudios realizados en diferentes especies de coníferas sobre variación morfológica y anatómica.....	6
Cuadro 2. Metodologías para el análisis de variación morfológica y anatómica de especies de coníferas.....	7
Cuadro 3. Localización de las cinco poblaciones y del material colectado de <i>Pinus coulteri</i> D. Don en Baja California.....	12
Cuadro 4. Prueba de normalidad para las variables morfológicas y anatómicas de <i>Pinus coulteri</i> D. Don.....	23
Cuadro 5. Valores de tendencia central y dispersión, prueba (DMS) en variables morfológicas y anatómicas de dos poblaciones de <i>Pinus coulteri</i> D. Don.....	24
Cuadro 6. Estimación de los componentes de varianza entre y dentro de poblaciones en <i>Pinus coulteri</i> D. Don.....	28
Cuadro 7. Matriz de correlación de los eigenvalores de <i>Pinus coulteri</i> D. Don.....	31
Cuadro 8. Correlaciones de variables con los componentes principales de <i>Pinus coulteri</i> D. Don.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura1. Ubicación geográfica de las cinco poblaciones naturales de <i>Pinus coulteri</i> D. Don en Baja California (García, 2012).....	13
Figura 2. Características morfológicas de acículas de <i>Pinus coulteri</i> D. Don.....	17
Figura 3. Características anatómicas en la sección transversal de acículas de <i>Pinus coulteri</i> D. Don.....	19
Figura 4. Gráfica que muestra los valores de los componentes 1 y 2 de las dos poblaciones de <i>Pinus coulteri</i> D. Don.....	33

RESUMEN

Se estudiaron dos poblaciones naturales de *Pinus coulteri* D. Don de Baja California, con el fin de determinar la magnitud de la variación presente entre y dentro de las poblaciones en nueve variables morfológicas y siete anatómicas de acículas.

El muestreo fue selectivo a lo largo y ancho de las poblaciones, teniendo 24 árboles para Santa Catarina y 17 para Rancho San Faustino. Se efectuó una prueba de normalidad para cada una de las variables, se estimaron los valores de tendencia central y de dispersión. Se desarrolló un análisis de varianza y otro de componentes de varianza considerando un modelo de efectos mixtos. También se realizó el análisis multivariado en componentes principales, para determinar las variables que aportan más a la variación.

Los análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas significativas entre poblaciones en 9 de 16 variables evaluadas. Las siete que no presentaron diferencias significativas fueron longitud de acícula, ancho de acícula, ancho de vaina, número de hileras de estomas en el haz, número de estomas en el envés en un milímetro, longitud del haz vascular incluyendo células endodérmicas y ancho del haz vascular incluyendo células endodérmicas. Los componentes principales muestran que los tres primeros componentes explican el 73% de la varianza total. En la prueba de diferencia mínima significativa y el de componentes principales se puede observar claramente que las variables que aporta a la variación entre poblaciones son hileras y número de estomas presentes en las acículas.

Palabras claves: *Pinus coulteri*, variación morfológica, anatómica.

ABSTRACT

Were studied two natural populations of *Pinus coulteri* D. Don of Baja California, in order to determine the magnitude of the variation between and within populations in nine morphological and seven anatomical variables of needles.

Sampling was selective across populations, with a sample size of 24 trees to Santa Catarina and 17 for Rancho San Faustino. A normality test was performed for each of the variables, it was estimated the values of central tendency and dispersion. An analysis of variance and other variance components considering a mixed effects model was developed. We also performed multivariate principal component analysis to determine the variables that contribute more to the variation.

The analysis of variance showed statistically significant differences between populations in 9 of 16 variables. The seven variables that were not significantly different are needle length, needle width, sheath width, number of rows of stomata on the bundle, number of stomata on the underside in a millimeter, vascular bundle length including endodermal cells and bundle width including vascular endodermal cells. The main components show that the first three components explain 73% of the total variance. In the least significant difference test and the principal component can be clearly seen that the variables that contributes to the variation between populations are rows and number of stomata present in the needles.

Keywords: *Pinus coulter*, morphological variation, anatomy.

1 INTRODUCCIÓN

México un país megadiverso; ocupando los primeros lugares en vertebrados terrestres y plantas vasculares, primer lugar en diversidad de reptiles, tercer lugar en aves y cuarto lugar en mamíferos terrestres. En cuanto a plantas vasculares México supera la diversidad de especies E.E. U.U. y Canadá en conjunto (Conafor, 2002). Para árboles del género *Pinus* a nivel mundial se conocen 111 especies (Price *et al.*, 1998); en México y América central se encuentran alrededor de 46 especies de pino, con diversas variedades y formas (Perry *et al.*, 1998).

La causa de esta biodiversidad se debe a que México se encuentra equitativamente distribuido en ambos lados del trópico de cáncer y sus extremos meridional y boreal en los paralelos 14° 30" N y 32° 42"N, además presenta una forma peculiar con la existencia de dos penínsulas sobresalientes: Baja California y Yucatán; la península de Baja California se describe como una angosta faja de tierra que corre paralela al litoral pacífico, presentando condiciones similares a las de una isla (Rzedowski, 1983). Que a su vez esta presenta eco-regiones, desde los calurosos hasta de tipo mediterráneo presente en el noroeste de la sierra de Juárez y San Pedro Martir (González *et al.*, 2010).

En estas dos sierras de Baja California se distribuyen coníferas raras y en estatus de riesgo (SEMARNAT, 2010) con adaptaciones a clima mediterráneo como: *Abies concolor* Gordon Lindley ex Hildebr., *Cupressus montana* Wiggins., *Pinus contorta* Douglas., *Pinus coulteri* D. Don., *Pinus jeffreyi* Grey. & Balf., *Pinus monophylla* Torr, Frém., *Pinus lambertiana* Douglas., *Pinus cuadrifolia* Parl. ex Sudw (Conanp, 2006).

Referente a *Pinus coulteri* catalogada en peligro de extinción (P) situada en la NOM-059 (SEMARNAT, 2010), perteneciente al grupo de pinos resistentes al fuego donde sobreviven árboles adultos; de corteza gruesa con acículas largas y gruesas con conos pesados y con escamas que presentan espinas; semillas grandes con alas largas y son lentas para iniciar la producción de semillas. La parcialidad serótina aparentemente le da una ventaja reproductiva después de que el fuego pasa sobre otras especies del grupo; *Pinus jeffreyi* Grey & Balf., *Pinus*

lambertiana Dougl., *Pinus palustris* Mill., *Pinus ponderosa* Laws., *Pinus sabiniana* Dougl., *Pinus torreyana* Parry (McCune, 1988).

Pinus coulteri especie poco estudiada especialmente en su descripción en México para realizar un mejoramiento genético por lo tanto previamente se debe estudiar las variaciones presentes en la especie; ambientales, genéticas y la interacción genética-ambiente; también las agrupaciones de variación entre especies, como son entre orígenes geográficos (procedencias), entre rodales, entre sitios, entre árboles y dentro de árboles individuales (Zobel y Talbert, 1998).

Por lo tanto la importancia de la variación genética es para la conservación y manejo de recursos genéticos, utilizando la información como materia prima de evolución relacionada a la adaptabilidad de poblaciones a cambios ambientales (Fisher, 1930), para medir las fuentes de variación existen métodos como la morfológica que se realiza en campo consiste en medir algunos caracteres y analizando la variación (Furnier, 2004) otras características medibles son las anatómicas mismas que presentan una particularidad de importancia como reconocimiento de especies, mediante la anatomía de las hojas, a través de cortes transversales en la parte media (Vidal, 1962).

Por consecuencia el propósito del estudio radica en obtener las principales características morfológicas, anatómicas que permitan diferenciar las poblaciones naturales, aportando la descripción básica en las acículas que conjuntamente con otros estudios que se estén llevando a cabo sirvan como fuente de información para realizar plantaciones forestales, reforestaciones y ensayos de procedencias en sitios similares para evitar el peligro de extinción por un fenómeno climático.

1.1 Objetivo general

Estimar la variación entre y dentro de poblaciones de *Pinus coulteri* para 16 variables morfológicas y anatómicas en acículas.

1.2 Hipótesis

Ho= Ninguna variable morfológica o anatómica presenta variación.

Ha= Al menos una variable morfológica o anatómica presenta variación

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de *Pinus coulteri* D. Don

Esta especie fue encontrada por Thomas Coulter entre los años 1832-1833 en las montañas de Santa Lucía, cerca de Cone Peak, en California, a una altura de 3000 a 4000 pies y que años después fue descrita por el botánico Lamb ex D. Don en el año de 1836; este pino en México se distribuye en Baja California dispersa y poco frecuente en la sierra Juárez y la sierra de San Pedro Mártir: pero más extendida y abundante en las gamas de la costa de la Alta California, U.S.A. (Farjon y Styles, 1997). Se encuentra en pequeños bosques, principalmente en las laderas secas y en las crestas de la cordillera de la costa de California, cerca de la Montaña de Diablo, en las montañas de Santa Lucía, (antes de San Bernardino) y en la Montaña Cuyamaca en México; para Estados Unidos de América se encuentra en San Bernardino y San Jacinto California (Sprague, 1961).

Pinus coulteri posee una altura desde los 15-25 m, llega a tener un diámetro de hasta 100 cm el fuste es recto a curvado en su base las ramas principales son muy largas con una corteza gruesa, escamosa irregular con fisuras longitudinales y grandes platos cejas color marrón oscuro con fisuras negras. Las ramas principales se disparan de una forma multimodal son gruesas y ásperas, las vainas permanecen de 3-4 años (Farjon y Styles, 1997).

Posee flores masculinas de color amarillo, las femeninas marrón rojizo oscuro (Sprague, 1961). Sus acículas están conformadas por tres en fascículos, la longitud es desde 15 a 30 cm, el ancho varía desde 1.9-2.2 mm, son rectas a curvadas a menudo resinosas, sus conos solitarios en ocasiones en pares en los verticilos de 3-4 (5) presentes en los tallos de los árboles jóvenes, sobre pedúnculos gruesos cortos ovalados con una longitud 20-35 cm el ancho va desde los 15-20 cm cuando están abiertos, son extremadamente resinosos el número de escamas presentes es de 180-220 leñosas, gruesas y rígidas las cuales se abren lentamente teniendo una apófisis muy desarrollada, alargada y curvada, el umbo es largo en forma de gancho muy resistente de color amarillo-marrón, sus

Semillas tienen una longitud que diversa entre los 10-18 mm con 10.7 mm, color café oscuro a negruzco, dando un parecido a marrón, las alas van de 18-30 mm de largo y un grosor de 12-16 mm en la parte de la base (Farjon y Styles, 1997).

El tipo de vegetación con el que se encuentra asociado es chaparral en las zonas rocosas, formando rodales de pino abierto a menudo con *Quercus chysolepis*; se desarrolla en una altitud de los 1200- 1800 msnm en las montañas de la Sierra Juárez, para el caso de la sierra de San Pedro Mártir 1900- 2150 msnm (Farjon y Styles, 1997).

Pinus coulteri carece de valor comercial como árbol maderable y sus semillas no se cosechan para consumo (Farjon y Styles, 1997). Agregando que está catalogada en la NOM-059 en estatus de peligro de extinción (P) (SEMANARNAT, 2010). Además cabe mencionar un caso especial de usos por los grupos indígenas los kiliwa y los pai-pai que hacen trabajos elaborando cestas de junco hechas con hojas de pino y sauce de la región (Ochoa y Beltrán1997).

2.2 Definición Variación natural y tipos de variación

El término variación natural es utilizado para definir la aparición de diferencias anatómicas o fisiológicas entre individuos, debidas a su composición genética o al medio en donde se desarrollan las progenies y los progenitores. Básicamente todas las diferencias entre los árboles son el resultado de los diferentes ambientes en los cuales éstos crecen, las diferencias genéticas entre ellos y las interacciones existentes entre el genotipo y los ambientes en los cuales se desarrollan (Zobel y Talbert, 1988).

A continuación se describen los diferentes tipos de variación existente la variación producto del ambiente que está relacionada principalmente por actividades silvícolas algunos factores ambientales manejables son la densidad, deficiencias de nutrientes y la humedad de suelo por el contrario la precipitación, temperatura, viento y profundidad del suelo son poco afectados por el hombre, dicha variación no es empleada en programas de mejoramiento genético por su imprevisibilidad, sin embargo las fuerzas ambientales son la causa más importante de variabilidad (Zobel y Talbert, 1988).

La variación producto de la herencia genética que es igual a variación aditiva más la variación no aditiva, la aditiva es causada por los efectos acumulativos de los alelos en los locis mientras la no aditiva se divide en dos tipos la variación por dominancia causada por la interacción de alelos específicos en un locus y la variación epístasis causada por la interacción entre loci, la variación aditiva tiene valor para un programa de mejoramiento; a continuación se mencionan las categorías de variación (Zobel y Talbert 1998).

Para la variación geográfica o de procedencias se da por diferencias geográficas controladas especialmente para características de adaptabilidad, otra variación es entre sitios en una procedencia contiene diferencias grandes relacionadas con distintos sitios, con frecuencia los efectos no están determinados genéticamente si no representados por efectos de diferentes ambientes sobre el crecimiento y desarrollo del bosque, otra variación es entre rodales son tan poco importantes que pueden ser ignorados; pero este no siempre es el caso, especialmente cuando el hombre ha intervenido las poblaciones con practicas silvícolas, la variación entre árboles dentro de un rodal está presente en las características cualitativas y la adaptabilidad, está controlada genéticamente, sin olvidar la variación dentro del árbol donde presenta variabilidad para algunas características como las del follaje (Zobel y Talbert 1998).

2.3 Estudios realizados sobre variación en coníferas

En México se han elaborado diferentes estudios sobre variación morfológica y anatómica en diferentes especies las cuales se exhiben en el (Cuadro 1).

De los estudios, del Cuadro 1 se resume los siguientes resultados encontrando, la mayor variación presente en las siguientes características; longitud de acícula, número de hileras de estomas, número de acículas por fascículo, diámetro del cono, longitud de cono y número de canales resiníferos.

Cuadro 1. Estudios realizados en diferentes especies de coníferas sobre variación morfológica y anatómica.

Especie	Características morfológicas y anatómicas evaluadas	Autores
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	Acículas: longitud de vaina, longitud y ancho de acícula, número de acículas por fascículo número hileras de estomas, número de células endodermiales y número de células esclerenquimatosas que rodean el canal, posición del canal. Conos: Color, longitud y ancho de cono, relación longitud/ ancho de escama, el largo y ancho de apófisis y alto de cúspide. Semillas: longitud y ancho de semilla, relación largo/ ancho de semilla, y número de cotiledones.	García (1986).
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schlechtendal y <i>Pinus pringlei</i> Shaw.	Acículas: número de acículas por fascículo, largo y ancho de acícula, longitud de vaina, número de hileras de estomas, número de estomas en 1.25 mm en las cara dorsal y ventrales 1 y 2, número de dientes por tramo 1.25 mm, número total y por posición de los canales resiníferos, número de células del canal resinífero. Conos: largo y ancho del cono, escama, apófisis, pedúnculo y altura de la apófisis de la escama. Semillas: largo y ancho de semilla, ala.	López <i>et al.</i> , (2001).
<i>Pinus chiapensis</i> Martínez.	Acícula: longitud de acícula, número de estomas en mm lineal	Vilela y Acosta, (2001)
<i>Pinus engelmannii</i> Carr.	Acículas: número de acículas por fascículo, longitud y ancho de acícula, longitud de vaina. Conos: longitud y grueso de cono. Semillas: el ancho y longitud de semilla.	Rodríguez, (2004).
Género <i>Pseudotsuga</i>	Acículas: longitud de acícula, número de hileras de estomas en el envés izquierdo, estructura de las subepidermis (continua o discontinua), número de canales resiníferos y forma del corte (circular o pentagonal). Conos: longitud y ancho de cono, escama, longitud total de la bráctea, longitud de espinas centrales laterales.	Reyes <i>et al.</i> , (2005).
<i>Pinus arizonica</i> Engelm.	Acículas: número de acículas por fascículo, largo y ancho de acícula, largo y ancho de vaina, número de estomas y número de serraciones. Conos: número de conos por verticilo, largo y ancho de cono, largo y ancho de umbo.	Rodríguez y Capó (2005).
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Acículas: número de acículas por fascículo , longitud de acículas mayores y menores, longitud del braquiblasto, longitud del fascículo Conos: largo y ancho de cono, ancho de ápice del cono, peso del cono y semillas.	Iglesias y Tivo, (2006).

Continuación

<i>Picea mexicana</i> Martínez.	Acícula: largo y ancho de acícula, número de hileras de estomas en parte media del haz y envés, número de estomas en 1m, número de canales resiníferos, diámetro del haz vascular incluyendo células epiteliales, longitud lateral al lado de la posición de canal y distancia desde la esquina lateral (ángulo) al centro del canal resinífero. Conos: longitud y ancho de cono, escamas Semillas: longitud y ancho de semillas, longitud del ala con semilla y ancho del ala.	Hernández, (2009).
<i>Picea martinezii</i> T.F. Patterson.	Acícula: largo y ancho de acícula, número de hileras de estomas en parte media del haz y envés, número de estomas en 1m, número de canales resiníferos, tamaño y posición del canal, diámetro del ducto del canal resinífero, diámetro del haz vascular incluyendo células epiteliales, longitud lateral al lado de la posición de canal y distancia desde la esquina lateral (ángulo) al centro del canal resinífero. Conos: longitud y ancho de cono, escamas y longitud de la escama libre. Semillas: longitud y ancho de semillas, longitud del ala con semilla y ancho del ala.	Martínez, (2009).

2.4 Metodologías empleadas en los estudios para el análisis de la variación.

En el cuadro 2 se mencionan los procedimientos de campo, laboratorio y del análisis estadísticos para especies de coníferas

Cuadro 2. Metodologías para el análisis de variación morfológica y anatómica de especies de coníferas

Especie	Tamaño de muestras	Autores
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	El trabajo se realizó en tres rodales con una distancia de 200 m entre rodales, el total de árboles fue de 35, con una distancia entre árboles de 20 m, de cada árbol se colectó tres conos maduros y una ramilla con acículas de primer y segundo año. Las características evaluadas fueron de 25 a 50 fascículos, fue tomada la acícula más larga de cada fascículo, después fueron sometidas a rehidratación con el uso de alcohol, para posteriormente poder contabilizar el número de hileras estomas; consecutivamente se hizo el corte transversal para contabilizar número de células endodermales esclerenquimatosas que rodean el canal esto se realizó con el uso de un microscopio de 60 x y 100 x, en conos se observó el color con la tabla Munssel, para después medir el largo y ancho con un vernier mm, se midieron 10 escamas por cono en mm, en las semillas se evaluó el largo y ancho en 10 semillas con un vernier mm. En el análisis estadístico se utilizó un modelo jerárquico o anidado, se efectuó el análisis de normalidad, medias aritméticas, un análisis de varianza y correlaciones.	García, (1986).

Continuación

<p><i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schlechtendal y <i>Pinus pringlei</i> Shaw.</p>	<p>El estudio fue en un rodal analizando 30 árboles, tomando de las muestras vegetativas</p> <p>Las acículas de 50 fascículos para realizar cortes transversales de la parte central; y evaluando 10 conos por árbol.</p> <p>Para el análisis estadístico se hizo una correlación lineal simple en "Statistical Analysis System", después se realizó procedimiento discriminante Canónico por último se llevó un análisis de varianza univariado</p>	<p>López <i>et al.</i> (2001).</p>
<p><i>Pinus chiapensis</i> Martínez.</p>	<p>Las muestras fueron seleccionadas de un herbario, donde se seleccionaron las acículas cuyas vainas ya se habían desprendido, haciendo cortes transversales a mano libre, después también se llevo un recuento de estomas en mm lineal.</p>	<p>Vilela y Acosta (2001)</p>
<p><i>Pinus engelmannii</i> Carr.</p>	<p>Se obtuvo el material de 20 procedencias, tomando 25 árboles por cada una, donde se colecto conos, muestras de follaje y conos, para las variables en acículas se tomaron 20 fascículos por árbol evaluando las acícula más larga con un vernier con aproximación a mm; para los conos se tomaron 10 por árbol de las semillas también 10 por árbol las mediciones fueron con aproximación a mm.</p> <p>Para los análisis se utilizó el paquete SAS (Statiscal Analysis System) en 1990, mediante procedimientos PROC GLM, para obtener la estimación de componentes de varianza y cuadros medios esperados; PROC CORR para estimar correlaciones simples.</p>	<p>Rodríguez (2004).</p>
<p>Género <i>Pseudotsuga</i></p>	<p>Se evaluaron 19 poblaciones, obteniendo muestras de ramas, hojas y estróbilos el número de árboles fue 12 a 17 árboles, con una distancia entre árboles de 50 m, los conos fueron evaluados antes de abrirse, en longitud y el ancho se midió con un vernier con aproximación a 0.1 mm; en escamas se midió la longitud, también la longitud de la espina central.</p> <p>Las muestras en acículas fueron cinco especímenes del último año de crecimiento por árbol se midió la longitud con una regla en mm, también se cuantifico el número de hileras de estomas del envés izquierdo, mas tarde se realizaron cortes transversales para contabilizar el número de canales resiníferos con el apoyo del microscopio óptico.</p> <p>Con respecto al análisis estadístico algunas características fueron transformadas a variables binarias, realizando muestreo anidado.</p>	<p>Reyes <i>et al.</i> (2005).</p>

Continuación

<i>Pinus arizonica</i> Engelm.	<p>El material adquirió de nueve poblaciones naturales, seleccionando 10 árboles por población con una separación de 50 m, estos fueron divididos imaginariamente en la copa en cuatro secciones tomando muestras de conos y acículas, de las muestras vegetativas se tomaron dos fascículos al zar para medir el largo de acícula con una regla en el sistema métrico decimal (S.M.D.) y para el ancho fue con un vernier en mm, para el largo de vaina del año interior, para el número de estomas fueron evaluadas las tres caras en la parte media en cuanto a los conos se conto el número de cono por verticilos, el largo y ancho de cono se evaluó abierto, para el largo y ancho del umbo se hizo a dos cm de la base del cono en mm con vernier.</p> <p>Se uso el SAS (Statiscal Analysis System, 1985), versión 6. Para realizar un análisis de varianza, una prueba de Tukey para agrupar las poblaciones, se hizo un análisis de correlación entre variables fisiográficas, climáticas del sitio con las variables morfológicas del arbolado, por último se efectuó un análisis de agrupamiento o dendrograma.</p>	Rodríguez y Capó (2005).
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	<p>Se colectaron muestra en dos poblaciones obteniendo muestras 24 y 30 árboles, la distancia entre árboles fue de 50 m, para el análisis de las características de las hojas se tomo por árbol 30 fascículos de los cuales se conto el número de acículas, después con la ayuda de una regla graduada en mm se midió longitud de acícula mayores y menores; los conos se evaluaron cerrados midiéndose el largo y ancho, ancho del ápice y el peso del cono, semillas se determinó de manera individual con una balanza analítica (marca Ohaus) con precisión de 0.01 Para el peso de las semillas se efectuó por grupo de 10.</p> <p>El análisis estadístico se hizo cuadros que contenían tamaño de muestras (n), medias, desviación estándar Valor máximo y mínimo coeficiente de variación y factor de variación se realizo un modelo jerárquico</p>	Iglesias y Tivo (2006).
<i>Picea mexicana</i> Martínez.	<p>La recolección se hizo en tres poblaciones el tamaño de vario para acículas 32- 33, para conos de 25, 30 y para semillas de 9-28, esto debido a que no todos los árboles tenían conos.</p> <p>Las variables en acículas fueron de 10 ramillas por árbol, tomando la más larga midiendo él ancho y largo con el uso de una hoja milimétrica, se rehidrataron las acículas para contabilizar el número de hileras de estomas y el número de estomas en un 1 mm, en los cortes transversales se evaluó el número de canales resiníferos, el tamaño y posición también se midió el diámetro del ducto del canal, el diámetro del haz vascular incluyendo células epiteliales en micras.</p> <p>En conos la muestra fue 10 por árbol para medir el largo y ancho tomadas con vernier con aproximación a 0.01 mm, posteriormente de cada cono se tomaron 10 escamas midiendo largo, ancho grueso y longitud de la escama libre en mm con la ayuda del vernier para las semillas fueron 20 por árbol para medir el largo, ancho y longitud del ala con semilla estas mediciones se hicieron con un vernier 0.01 m de precisión.</p>	Hernández (2009).

Continuación

Se hizo una verificación de normalidad, estadísticas descriptivas, el análisis de varianza considerando un muestreo jerárquico, y finalmente análisis multivariados.

Picea martinezii
T.F. Patterson.

La colecta de muestra en árboles fue diferentes para cada población, en hojas 12 a 32 árboles, en conos de 11 a 32 árboles y en semillas fue de 7 a 25 árboles, Las variables en acículas fueron de 10 ramillas por árbol, tomando la más larga midiendo él ancho y largo con el uso de una hoja milimétrica, se rehidrataron las acículas para contabilizar el número de hileras de estomas y el número de estomas en un 1 mm, en cortes transversales para evaluar número de canales resiníferos, el tamaño y posición de los canales, midiendo el diámetro del ducto del canal, el diámetro del haz vascular incluyendo células epiteliales en micras. En conos se tomaron 10 conos por árbol para medir el largo y ancho del cono tomadas con vernier con aproximación a 0.01 mm, después de cada cono en 10 escamas se midió el largo, ancho grueso y longitud de la escama libre en mm con la ayuda del vernier para las semillas fueron 20 por árbol para medir el largo, ancho y longitud del ala con semilla estas mediciones se hicieron con un vernier 0.01 m de precisión. Se hizo una verificación de normalidad, estadísticas descriptivas, un análisis de varianza y estimación de componentes de varianza considerando un modelo jerárquico o muestreo anidado, también un análisis multivariado

Martínez
(2009).

Del Cuadro 2 se sintetiza que las metodologías los estudios fueron realizados en rodales, en procedencias y la mayoría fue de poblaciones naturales; colectándose muestras de 7 a 35 árboles, con una distancia entre árboles de 20 a 50 m, de las muestras vegetativas se tomaron de 20 a 50 fascículos, en el caso de *Picea* se tomaron 10 ramillas, en la mayoría de los casos se evaluó la acícula más larga.

2.5 Estudios en variación morfológica y genética de *Pinus coulteri* D. Don.

Al estudiar efectos fundadores y la estructura genética, para realizar un seguimiento de la migración del pino a lo largo de la península transversal y al sur de las gamas costeras de la California, con la finalidad de observar la presencia o ausencia de alelos, se cree que los alelos se fueron perdiendo de forma gradual, encontrando que el patrón de disminución de la heterocigosidad y la pérdida de alelos se ve reflejada con el aumento de la latitud por la acción de la deriva genética, a través del efecto fundador; esto no es exclusivo de *Pinus coulteri*; pero es uno de los ejemplos más claros, además como la especie amplió su rango de

distribución hacia el norte durante el pleistoceno, sucedieron eventos colonizadores y como resultado la pérdida de alelos, provocado por el gran tamaño de las semillas; para su dispersión a través de una cordillera a otra (Ledig, 2000).

Otro trabajo fue realizado en dos poblaciones de *Pinus coulteri*, Santa Catarina y Rancho San Faustino, se comparó la producción de semillas, estimando el potencial, eficiencia de semillas, así como la pérdida de semillas y los indicadores reproductivos de conos y semillas; se encontró que los valores de potencial de semillas y eficiencia de semillas son altos en comparación con otras especies del género *Pinus*, esto a pesar de la condición restringida y endémica de la especie (García, 2012).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de las áreas de estudio *Pinus coulteri*

3.1.1 Localización

Las áreas de estudio se encuentran ubicadas en el estado de Baja California, México donde se encuentran Cinco poblaciones naturales de *P. coulteri*: Sierra Blanca, Parque Nacional Sierra San Pedro Martír, Santa Catarina, Laguna Hanson y Rancho San Faustino (Minnich, 1986 y Perry, 1991) (Cuadro 3). En el presente estudio se trabajaron con las poblaciones de Rancho San Faustino y la de Santa Catarina.

Cuadro 3 . Localización de las cinco poblaciones y del material colectado de *Pinus coulteri* D. Don en Baja California.

Población [†]	Propiedad	Municipio	Coordenadas Geográficas	Altitud (msnm)
San Faustino	Privada	Tecate	32°12'1.68" 116°10'37.05"	1280
Sierra Blanca	Federal	Ensenada	32°03'8.07" 116°29'40.41"	1200
Laguna Hanson	Federal	Ensenada	32°03'36.20" 115°56'29.04"	1200- 1800
Sierra San Pedro Martír	Federal	Ensenada	31°08'9.08" 115°30'0.89"	1900- 2150
Santa Catarina	Federal	Ensenada	31°41'59.25" 115°45'48.01"	1070

† Poblaciones ordenadas de latitud norte-sur.

§ Fuente: (Minnich, 1986), las coordenadas geográficas fueron obtenidas en campo, utilizando un receptor GPS Garmin.

3.1.2 Aspectos ecológicos

Para el caso de la población San Faustino en el municipio de Tecate presenta regiones orográficas que van desde los 100 a los 1500 msnm, pendientes menores del 10% hasta 40% (INEGI.2005a).

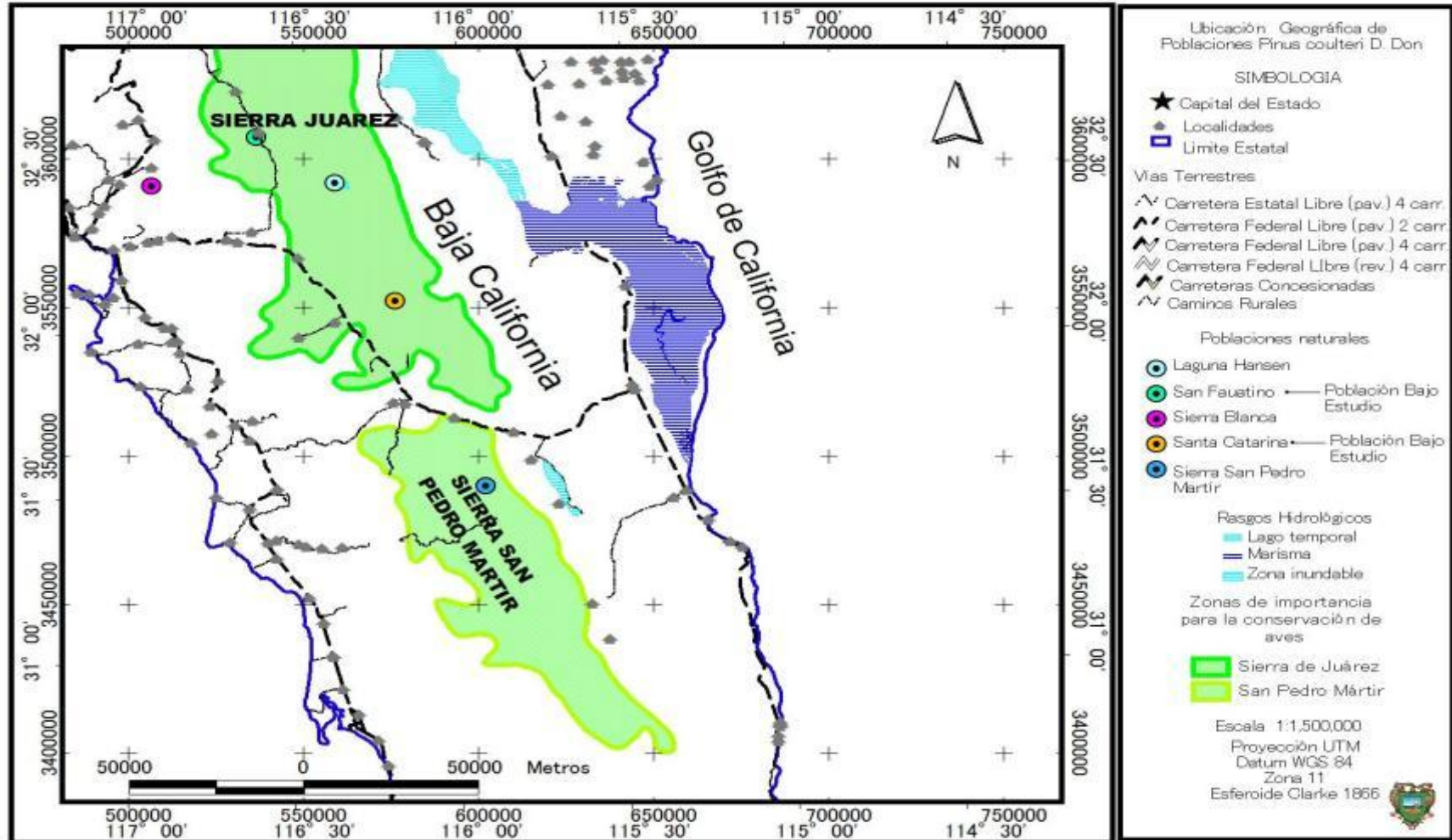


Figura1. Ubicación geográfica de las cinco poblaciones naturales de *Pinus coulteri* D. Don en Baja California (García,2012).

El clima mediterráneo con la siguiente interpretación simbólica Cas (e) denominado como templado con verano cálido con una temperatura media anual de 12°C a 18°C con lluvias en invierno con una oscilación anual de temperaturas de 7°C y 14°C (García, 1998).

Para el caso de la población de Santa Catarina ubicado en el municipio de Ensenada presenta regiones orográficas que van desde los 400 a los 3,100 msnm, existen pendientes mayores al 10% (INEGI, 2005b). El clima es mediterráneo, con la siguiente interpretación simbólica Bsk s (é) que se domina como “climas muy áridos a muy secos” semicálido con una temperatura media anual entre los 18°C y 22°C, con lluvias en invierno y una oscilación anual muy extremoso mayor a 14°C (García, 1998).

Por otra parte la península de Baja California posee varios pisos bioclimáticos situadas de la siguiente manera por el norte el Inframediterráneo, termomediterráneo, mesomediterráneo, supramediterráneo y hacia el sur el mesotropical y termotropical (Peinado *et al.*, 1994).

Otro aspecto de importancia es el suelo donde se desarrolla esta especie en la sierra de Juárez el tipo de suelo dominante es el regosol. En la región los principales tipos de vegetación son; con 36% chaparral conformado con asociaciones de encinos bajos y arbusto, con 23% matorral desértico integrado de arbustos de hojas pequeñas y con el 21% de bosque de pino (Arriaga *et al.*, 2000).

3.2 Muestreo, colecta de muestras botánicas

La fecha de colecta fue realizada en el año 2010, el número de muestras por árboles varió por población, para Rancho San Faustino fue un total de 17 árboles y para la de Santa Catarina fue de 24 árboles. La colecta de las muestras se efectuó de forma manual con ayuda de ganchos y garrochas para cortar las muestras de ramas las cuales fueron marcadas para su identificación por árbol y así tener organizadas las colectas, el mismo procedimiento se aplicó en la otra población. Las cuales fueron llevadas a la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila para evaluar la variación morfológica y anatómica presentes en las acículas.

3.3. Variables estudiadas

Las variables morfológicas y anatómicas seleccionadas para este estudio se basaron en los trabajos Taylor y Patterson (1980), Hernández (2009) Martínez (2009) García (1986) y Rodríguez (2005) evaluando 9 variables morfológicas y 7 anatómicas.

3.3.1 Variables morfológicas

Por cada muestra vegetativa se tomaron 30 fascículos, con un muestreo selectivo sistemático debido a que una condición para ser elegidos fue que la vaina presentara un color café oscuro el cual indicaba que había llegado a su madurez fenológica (Figura 2).

Longitud y ancho de vaina (LA y AV). Para llevar estas mediciones previamente se hizo un muestreo aleatorio con el uso de números aleatorios empleando una calculadora para tener 10 fascículos de los 30 seleccionados antes mencionados, inmediatamente se midió longitud desde la base hasta la parte superior de la vaina para el ancho se midió en la parte central con un vernier digital en mm, de cada fascículo se procedió a enumerar las acículas del 1 al 3 y empleando la calculadora se obtuvo aleatoriamente una acícula a evaluar para el final tener 10 acículas por árbol (Figura 2).

Posteriormente las 10 acículas fueron introducidas en popotes mismos que estuvieron enumerados del 1 al 10 para tener un control éstos fueron envueltos con una cinta adhesiva y con un bicolor rojo se identificaron con las iniciales de la población, número del árbol ejemplo: SF ARB 1; posterior a eso las muestras se sometieron al proceso de rehidratación en alcohol etílico al 70% durante tres semanas para después efectuar las siguientes mediciones.

Longitud y ancho de acícula (LA Y AA). Para el largo se midió desde la base hasta el ápice con una regla en mm, el ancho se efectuó en la parte media de la hoja vernier en mm (Figura 2).

Número de hileras de estomas en el haz y envés izquierdo, derecho NDHEH, NDHEENI y NDHEEND. Para esta característica se identifico primeramente la base de la acícula para de ahí observar el haz y poder definir el

envés izquierdo y derecho debido a la forma triangular de la acícula teniendo por consecuente dos caras en el envés, una vez definidos los envés se contabilizó el número total de hileras de estomas en el haz y en el envés con el uso de un microscopio simple (Figura 2).

Número de estomas en el haz y envés NEEH1MM NEEE1MM (Figura 2). Para esta variable se efectuó empleando una hoja milimétrica y navajas de doble filo, se realizó un corte por acícula en la parte media una vez contabilizado el número de estomas se cortaron cuatro cortes transversales de los tramos de la acícula para obtener muestras temporales en portaobjetos y cubreobjetos; a estos cortes se les agregó una gota de ácido láctico con el empleo de un gotero para que inmediatamente estos fueron sometidos a fuego lento por unos segundos para eliminar restos de resina o alguna sustancia que obstruya la visibilidad de las formas anatómicas inmediatamente se cubrió con barniz en los cuatro extremos del cubreobjetos para sellar la muestra, para finalizar a cada portaobjetos se etiquetaron con la información correspondiente de cada población.

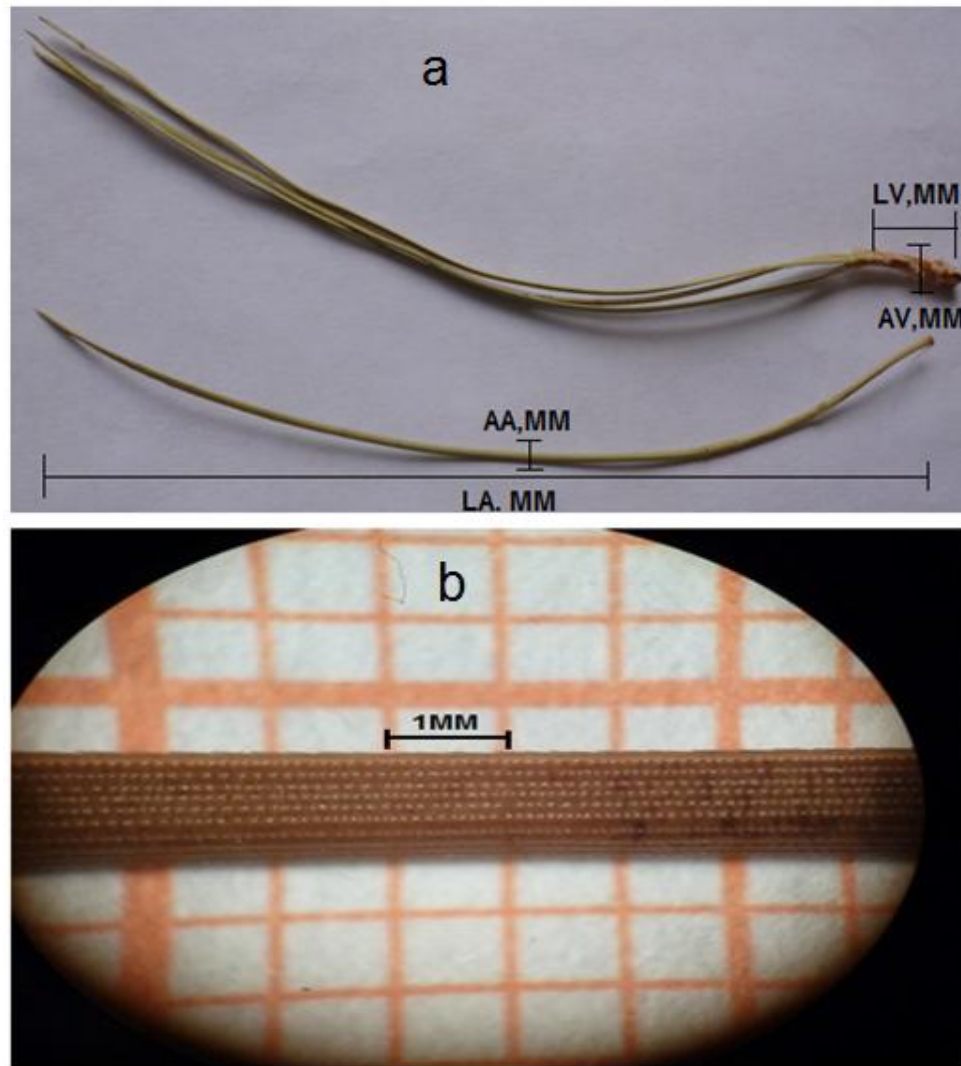
Finalmente las muestras fueron ordenadas y guardadas en cajas de madera las cuales estuvieron cubiertas por un vidrio misma que se trasladaron al laboratorio de citogenética situado en el departamento de Fitomejoramiento de la U.A.A.A.N.

3.3.2 Variables anatómicas

Se usó un microscopio Carl Zeiss con cámara digital Pixera Winder Pro y un software de medición AxionVisión Rel. 4.8 para tomar las fotografías, se procedió a definir el tipo de objetivo a utilizar, 2.5x, 5x, 10x, 40x, y hasta 100x. Esto se hizo con la finalidad de saber cual tendría una mejor apreciación del corte transversal, donde el más apto fue el aumento de 5x porque se lograba visualizar el corte completo lo cual facilitó contabilizar y medir variables de interés

El número de fotografías en formato JPG que se tomaron por portaobjetos fue de 4 por acícula mismas que a su vez se identificaron con su respectiva información este procedimiento se repitió hasta la décima muestra de cada árbol

para tener un total de 40 fotografías por árbol, una vez obtenidas el total de fotografías se usó el software Axio Visión Real 4.8, para realizar las mediciones en μm .



a: LV, MM=Longitud de vaina; AV, MM= Ancho de vaina; LA, MM= Longitud de acícula; AA, MM= Ancho de acícula b: NDHEH = Número de hileras de estomas; NEEH1MM= Número de estomas en un milímetro.

Figura 2. Características morfológicas de acículas de *Pinus coulteri* D. Don

El funcionamiento de este programa consiste desde importar la imagen para su visualización y manejo; que permite acercamientos sobre la imagen para tener una mayor precisión en las mediciones para las siguientes variables que se describen a continuación.

Número de canales resiníferos (NCR). Para la observación de esta característica se usaron las fotografías de los cortes transversales, donde estos se presentaron de forma irregular teniendo desde 2 canales hasta 6, se tiene documentado la presencia de solo dos canales en los extremos izquierdo y derecho, mismos que se encontraron presentes en todos los cortes realizados por lo cual se decidió que estos dos fueran los evaluados (Figura 3).

Diámetro del canal resinífero uno y dos incluyendo las células μm (DCRU Y DCRD). Se definió el número del canal de acuerdo a la forma triangular que presentó el corte transversal a partir del el vértice superior se tomó como referencia para enumerar los canales en el sentido de las manecillas del reloj (Figura3).

Número de células endodérmicas (NCE). Para esta característica se puso una línea roja encima de una célula como referencia para empezar a contar las células de ahí hasta llegar a la célula marcada previamente (Figura3).

Longitud y ancho del haz vascular incluyendo células endodérmicas μm (LHVCE Y AHVCE). Esta medición fue hecha en la misma imagen tomando como referencias las células endodérmicas para llevar la medición formando una cruz (Figura 3).

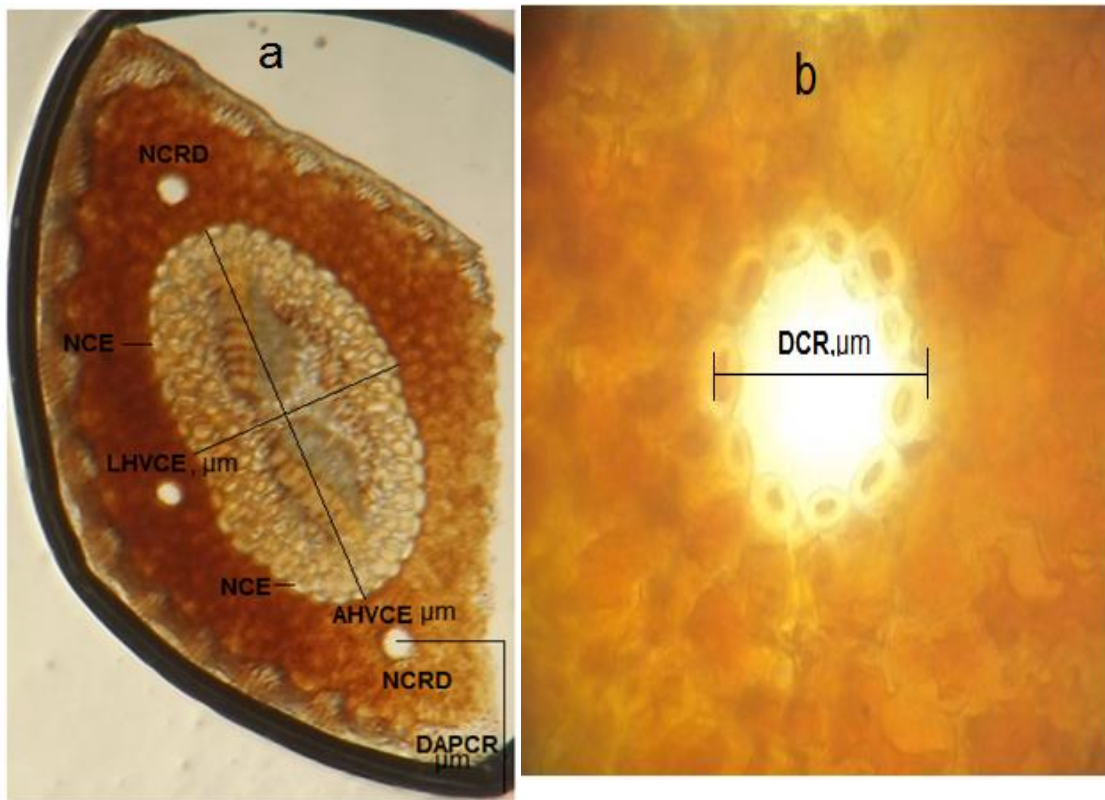
La distancia del ángulo a la posición del canal resinífero μm (DAPCR). Para esta medición se pusieron dos líneas una perpendicular al corte del envés y otra en la esquina del ángulo, las dos líneas nos sirvieron de referencia para realizar la medición (Figura 3).

3.4. Análisis estadístico

3.4.1 Verificación de normalidad

En las variables morfológicas y anatómicas existen variables binarias y discretas, así como continuas por lo cual se hizo una prueba de normalidad para cada una de las variables

utilizando como apoyo el diagrama de árbol y el diagrama de cajas (Hines y Montgomery, 1996), la gráfica de probabilidad normal, asimetría, Curtosis y la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk, para las variables binarias y discretas se utilizaron las transformaciones de Box y Cox (1964), que consiste en elevar los valores a un lambda (λ) para normalizadas.



a: Sección transversal de la acícula; b: canal resinífero: NCR= Número del canal resinífero; DCR= Diámetro del canal resinífero incluyendo células; NCE= Número de células endodérmicas; LHVCE= Longitud del haz vascular incluyendo células endodérmicas; AHVCE= Ancho del haz vascular incluyendo células endodérmicas; DAPCR = Distancia del ángulo a la posición del canal resinífero

Figura 3. Características anatómicas en la sección transversal de acículas de *Pinus coulteri* D. Don.

3.4.2. Estadísticas descriptivas

Con el objeto de describir las poblaciones para cada variable se calcularon los valores de tendencia central y de dispersión de cada una de las características de tipo morfológicas y anatómicas de cada población. La media es la medida de tendencia central mientras que las medidas de dispersión son el error estándar de la media, los valores mínimos, máximos y el coeficiente de variación (Infante y Zárate, 1990).

3.4.3. Análisis de varianza y estimación de componentes de varianza

Con la finalidad de determinar la variación entre y dentro de poblaciones se llevaron a cabo los análisis el de varianza y el de componentes de varianza considerando un modelo de efectos mixtos con muestras de clasificación jerárquica o muestreo anidado, considerando únicamente a las poblaciones y a los árboles dentro de ellas (Snedecor y Cochran, 1981; Sit, 1995; Littell *et al.*, 1996). Cuando se presentaron diferencias con el análisis de varianza se llevó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de separación de medias.

Empleando el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + A_{j(i)} + \epsilon_{k(ij)}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor observado de la característica en la k-ésima muestra del j-ésimo árbol en la i-ésima localidad.

μ = Valor promedio de la característica.

L_i = Efecto aleatorio de la i-ésima población.

$A_{j(i)}$ = Efecto aleatorio del j-ésimo árbol dentro de la i-ésima población.

$\epsilon_{k(ij)}$ = Error aleatorio de muestreo dentro de árboles.

3.4.3. Análisis multivariado

Se realizó el análisis de componentes principales para explorar las posibles relaciones de las variables cuantitativas, también se examinaron los datos con eventualidad de reducir el número de variables. Esto fue con el apoyo del

programa SAS y utilizando el Procedimiento Proc Princomp para determinar los componentes principales, graficando los primeros componentes que tuvieron la mayor aportación a la variabilidad total (SAS Institute Inc., 1988).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Normalidad de las variables

Se efectuó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para todas las variables evaluadas, comparando valores de W calculada con valores de W de tablas a un nivel de significancia de 0.05 (Cuadro 4). La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada en las 16 variables mostró que tres variables no presentaron distribución normal por lo cual se procedió a la transformación de Box y Cox (1964) con valores diferentes de lambdas λ para obtener su ajuste. Las variables transformadas fueron (una variable continua) la longitud de acícula (LA) con un lambda $\lambda = -0.9$, (dos variables discretas) el número de hileras de estomas en el haz (NDHEH) con un lambda $\lambda = -0.6$ y el número de células endodérmicas (NCE) con un lambda $\lambda = -1.3$ el motivo de la transformación de variables es porque muchos de los análisis estadísticos solo funcionan bajo la condición de normalidad. Una vez normalizadas las variables, se calcularon los valores de tendencia central y de dispersión (Cuadro 5).

4.2 Comparación entre poblaciones

Se llevo a cabo el análisis de varianza y se encontró que las variables evaluadas presentaron diferencias significativas a excepción de Largo de acícula (LA, mm), ancho de acícula (AA, mm), ancho de vaina (AV, mm), número de hileras de estomas en el haz (NDHEH), número de estomas en el envés 1 mm (NEEE1MM), en las características anatómicas fueron longitud del haz vascular incluyendo células endodérmicas (LHVCE, μm) y el Ancho del haz vascular incluyendo células endodérmicas (AHVCE, μm) (Cuadro 5).

De acuerdo a la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de separación de medias, de las variables morfológicas, el largo de vaina (LV, mm), el número de hileras de estomas en el envés izquierdo y derecho (NDHEENI Y NDHEEND) son diferentes al tener las medias más altas por Rancho San Faustino, por otra parte la media más alta en el número de estomas en el haz 1mm (NEEH1MM) para Santa Catarina (Cuadro 5).

Cuadro 4. Prueba de normalidad para las variables morfológicas y anatómicas de *Pinus coulteri* D. Don.

Características	Variable (abreviatura)	n	valores de W	$W_{\infty n} \dagger$
Morfológicas	Longitud de acícula (LA, mm)	33	0.922	0.931
	Ancho de acícula (AA, mm)	33	0.979 [¶]	0.931
	Longitud de vaina (LA, mm)	33	0.961 [¶]	0.931
	Ancho de vaina (AV, mm)	33	0.934 [¶]	0.931
	Número de hileras de estomas en el haz (NDHEH)	33	0.922	0.931
	Número de hileras de estomas en el envés izquierdo (NDHEENI)	33	0.942 [¶]	0.931
	Número de hileras de estomas en el envés derecho (NDHEEND)	33	0.966 [¶]	0.931
	Número de estomas en el haz 1mm (NEEH1MM)	33	0.974 [¶]	0.931
	Número de estomas en el envés 1 mm (NEEE1MM)	33	0.972 [¶]	0.931
Acículas	Número de canales resiníferos (NCR).	33	0.942 [¶]	0.931
	Diámetro del canal resinífero uno incluyendo las células (DCRU, μm)	33	0.948 [¶]	0.931
Anatómicas	Diámetro del canal resinífero dos incluyendo las células (DCRD, μm)	33	0.946 [¶]	0.931
	Número de células endodérmicas (NCE)	33	0.900	0.931
	Longitud del haz vascular incluyendo células endodérmicas (LHVCE, μm).	33	0.970 [¶]	0.931
	Ancho del haz vascular incluyendo células endodérmicas (AHVCE, μm).	33	0.977 [¶]	0.931
	Distancia del ángulo a la posición del canal resinífero (DAPCR, μm).	33	0.978 [¶]	0.931

\dagger = Valor crítico de W para la prueba de ajuste de normalidad de Shapiro – Wilk.

Donde $W \geq w_{\infty}$, n la H_0 es aceptada a nivel de significancia ∞

[¶] =existe normalidad.

n= número de árboles muestreados.

Cuadro 5. Valores de tendencia central y dispersión, prueba (DMS) en variables morfológicas y anatómicas de dos poblaciones de *Pinus coulteri* D. Don.

		Santa Catarina			Rancho San Faustino		
		$\bar{x} \pm s\bar{x}$	Min- Max	CV %	$\bar{x} \pm s\bar{x}$	Min- Max	CV %
Características	Variables						
	LA, (mm)	161.67±4.70 a	122.00 -198.00	12.67	173.38±10.23 a	125.40 - 252.10	22.083
	AA, (mm)	1.58±0.02 a	1.35- 1.83	7.54	1.64±0.03 a	1.47 - 1.86	7.129
	LV, (mm)	8.03±0.38 b	5.90- 11.25	20.68	9.10±0.32 a	6.20 - 11.20	13.227
Morfológicas	AV, (mm)	3.27±0.06 a	2.93 - 4.07	8.71	3.41±0.10 a	2.83 - 4.07	10.816
	NDHEH	10.41±0.27 a	8.90- 12.70	11.21	11.28±0.36 a	9.00 - 13.20	12.106
	NDHEENI	4.97±0.15 b	4.20-6.30	13.25	5.55±0.20 a	4.50 - 6.90	12.951
	NDHEEND	4.93±0.14 b	4.00 - 6.20	12.98	5.50±0.18 a	4.60 - 6.70	12.248
	NEEH1MM	72.44±2.33 a	49.50 - 90.20	14.02	69.21±2.40 b	55.70 - 83.70	12.936
	NEEE1MM	64.48±2.42 a	42.90 - 86.30	16.41	63.31±2.07 a	54.40 - 75.70	12.253
Acículas	NCR	2.80±0.13 b	2.00 - 4.10	20.67	3.77±0.20 a	2.40 - 5.35	20.834
	DCRU, (µm)	93.74±2.47 a	80.74 - 124.09	11.44	86.11±2.84 b	69.30 - 107.29	12.373
	DCRD, (µm)	94.60±2.82 a	77.34 - 124.10	13.03	85.56±2.22 b	69.55 - 103.57	9.085
Anatómicas	NCE	37.29±0.57 b	33.30 - 43.00	6.55	40.41±1.15 a	34.50 - 48.20	10.715
	LHVCE, (µm)	578.73±8.62 a	519.25 - 655.87	6.50	562.24±13.65 a	445.10 - 626.54	9.085
	AHVCE, (µm).	980.29±18.91 a	856.98- 1172.30	8.41	994.43±31.44 a	825.42 - 1206.19	11.831
	DAPCR, (µm)	251.38±4.33 b	357.16 - 288.41	7.52	285.50 ±5.53 a	257.41 - 323.29	7.253

†=Promedios seguidos de la misma letra, en cada fila, no son diferentes estadísticamente, según la prueba DMS ($P \leq 0.05$).

\bar{x} = Media ; $s\bar{x}$ = Error estándar; Min= Mínimos; Max= Máximos; CV= Coeficiente de variación; (LA, mm)- Longitud de acícula; (AA, mm)- Ancho de acícula; (LV, mm)- Longitud de vaina; (AV, mm)- Ancho de vaina (NDHEH)- Número de hileras de estomas en el haz; (NDHEENI) Número de hileras de estomas en el envés izquierdo; (NDHEEND)- Número de hileras de estomas en el envés derecho; (NEEH1MM)- Número de estomas en el haz en un milímetro; (NEEE1MM)- Número de estomas en el envés en un milímetro; (NCR)- Número de canales resiníferos; (DCRU, µm)- Diámetro del canal resinífero uno incluyendo las células; (DCRD, µm)- Diámetro del canal resinífero dos incluyendo las células; (NCE)- Número de células endodérmicas; (LHVCE, µm)- Longitud del haz vascular incluyendo células endodérmicas; (AHVCE, µm)- Ancho del haz vascular incluyendo células endodérmicas; (DAPCR, µm)- Distancia del ángulo a la posición del canal resinífero.

Con respecto a las cinco variables anatómicas que presentaron diferencias significativas tres de ellas pertenecen a la población de Rancho San Faustino con las medias más altas mismas que se mencionan a continuación: número de canales resiníferos (NCR), número de células endodérmicas (NCE) y la distancia del ángulo a la posición del canal resinífero (DAPCR, μm) por otra parte en la población de Santa Catarina se observan las medias más altas en el diámetro del canal resinífero uno incluyendo las células (DCRU, μm), y en el diámetro del canal resinífero dos incluyendo las células (DCRD, μm) (Cuadro 5).

La variación encontrada entre poblaciones en algunas variables de *Pinus coulteri* pueden ser provocadas principalmente por condiciones ambientales, esto sucede en la mayoría de las especies, por ejemplo un estudio de *Pinus chiapensis* se encontró que la característica morfológica longitud de acícula son más pequeñas y con un aumento en el número de estomas por milímetro lineal, estas características se encuentran asociadas a las diferentes condiciones ambientales a las que están sujetos los individuos (Vilela y acosta, 2001). Lo anterior podemos mencionar que dicha condición coincide con la población de Santa Catarina (Cuadro 5).

Sin embargo en *Pinus halepensis* se encontró que las características morfológicas como la longitud de acículas, las más largas están en climas áridos, y con el número de hileras de estomas se observa una disminución al norte de su área de distribución, esta especie muestra una pauta de variación relacionada con factores climáticos y geográficos, misma que atribuye a una adaptación de las especies a los climas mediterráneos (Agúndez y Alía, 1997).

En este trabajo realizado se encontraron resultados similares con respecto a la prueba de diferencia significativa en algunas variables morfológicas y anatómicas con otros estudios las cuales se mencionan longitud de vaina en *Pinus engelmannii* (Rodríguez, 2004) también en número de estomas y número de hileras de estomas en *Picea mexicana* (Hernández, 2009) y *Picea martinezii* (Martínez, 2009) en el género *Pseudotsuga* fue el número de hileras de estomas (Reyes *et al.*, 2005) y en *Pinus arizonica* fue el número de estomas (Rodríguez y

Capó, 2005), lo anterior demuestra que las variables morfológicas de acículas son de utilidad para diferenciar poblaciones naturales.

En las variables anatómicas hubo diferencias significativas de *Pinus coulteri*. Mismas que se presentaron en otros estudios estas variables fueron diámetro del canal resinífero y la distancia del ángulo a la posición del canal resinífero (DAPCR, μm) en *Picea martinezii* (Martínez, 2009) otra variable que presento diferencias significativas entre las poblaciones de *Pinus coulteri* fue la variable número de canales resiníferos debido a que se presentan más en la población de Rancho San Faustino, en *Picea mexicana* (Hernández, 2009) presentó diferencia en la frecuencia de canales resiníferos. La variable número de células endodérmicas (NCE) que rodean al haz vascular podría ser utilizada para diferenciar las poblaciones (Cuadro 5).

4.3 Componentes de varianza

En el análisis de componentes de varianza efectuado en las variables morfológicas y anatómicas la mayor variación es aportada por el error o muestras dentro de árboles en su totalidad, Resultados similares encontró (Hernández, 2009) en *Picea mexicana* también en *Picea martinezii* (Martínez, 2009). En las características morfológicas la aportación de la variación por las poblaciones fue desde el 0% en el número de estomas en el envés en un milímetro (NEEE1MM) y con el 16% para el número de hileras de estomas en el envés izquierdo y derecho (NDHEENI) (NDHEEN) Mientras que en árboles dentro de poblaciones no aportó con nada, en muestras dentro de árboles contribuyó casi al total de la variación con 84% para el número de hileras de estomas en el envés izquierdo y derecho (NDHEENI) (NDHEEND) y con el valor del 100% para el número de estomas en el envés en 1 milímetro (NEEE1MM) (Cuadro 6).

En las características anatómicas, la aportación de la variación por poblaciones fue con el 1% para el ancho del haz vascular incluyendo células endodérmicas (AHVCE, μm) para el número de canales resiníferos (NCR) el 35% y con 44% para la distancia del ángulo a la posición del canal resinífero (DAPCR, μm). En árboles dentro de poblaciones no tuvo aportación alguna la mayor

aportación se observó en las muestras dentro de árboles con 97% ancho del haz vascular incluyendo células endodérmicas (AHVCE, μm) y el 99% para longitud del haz vascular incluyendo células endodérmicas (LHVCE, μm) (Cuadro 6).

Con los valores resultantes de componentes de varianza se contrastan en las variables morfológicas y anatómicas con otros estudios, por ejemplo en la longitud de acícula la mayor variación se encuentra en muestras dentro de árboles para *Pinus coulteri*. Sin embargo, en *Picea mexicana* (Hernández, 2009) *Picea mexicana* (Martínez, 2009) *Pseudotsuga* (Reyes *et al.*, 2005) y en *Pinus oocarpa* (Nepomuceno, 1987) encontraron la mayor variación en árboles dentro de poblaciones. En ancho de acícula de *Pinus coulteri* la mayor variación está en muestras dentro de árboles al igual que en *Picea martinezii* (Martínez, 2009), *Picea mexicana* (Hernández, 2009). Para el largo de vaina la mayor variación es aportada en muestras dentro de árboles, mientras que en *Pinus oocarpa* se encontró la variación en árboles dentro de poblaciones (Nepomuceno, 1987).

En número de hilera de estomas en el envés se observó la variación nuevamente estuvo en muestras dentro de árboles, este resultado coincide con el de *Picea mexicana* (Hernández, 2009). Sin embargo en *Picea martinezii* (Martínez, 2009) la variación se presentó entre poblaciones. En cuanto al número de estomas en un milímetro, en variables anatómicas como los diámetros de canales resiníferos, ancho del haz vascular incluyendo células y la distancia del ángulo a la posición del canal resinífero se encontró que la mayor variación está en muestras dentro de árboles, este resultado se presentó en *Picea martinezii* (Martínez, 2009). Mientras que en *Picea mexicana* (Hernández, 2009) la mayor variación estuvo en árboles dentro de poblaciones.

Con respecto al número de canales resiníferos en *Pinus coulteri* la mayor variación fue en muestra dentro de árboles mientras que en el género *Pseudotsuga* (Reyes *et al.*, 2005) la mayor variación fue entre poblaciones esto puede atribuirse a la gran distribución que tiene en México *Pseudotsuga* distribuida en las sierras madre oriental y occidental mientras *Pinus coulteri* la distribución es más limitada en Baja California

Cuadro 6. Estimación de los componentes de varianza entre y dentro de poblaciones en *Pinus coulteri* D. Don.

Características	Variable (abreviatura)	Componentes de varianza (%)		
		Poblaciones	Árbol dentro de poblaciones	Muestra dentro de árboles
Morfológicas	Longitud de acícula (LA, mm)	1.81	0.00	98.19
	Ancho de acícula (AA, mm)	8.45	0.00	91.55
	Longitud de vaina (LA, mm)	11.69	0.00	88.31
	Ancho de vaina (AV, mm)	5.34	0.00	94.66
	Número de hileras de estomas en el haz (NDHEH)	10.29	0.00	89.71
	Número de hileras de estomas en el envés izquierdo (NDHEENI)	16.38	0.00	83.62
	Número de hileras de estomas en el envés derecho (NDHEEND)	16.39	0.00	83.61
	Número de estomas en el haz 1mm (NEEH1MM)	2.81	0.00	97.19
Acículas	Número de estomas en el envés 1 mm (NEEE1MM)	0.40	0.00	99.6
	Número de canales resiníferos (NCR).	34.54	0.00	65.46
Anatómicas	Diámetro del canal resinífero uno incluyendo las células (DCRU, μm)	11.66	0.00	88.34
	Diámetro del canal resinífero dos incluyendo las células (DCRD, μm)	15.33	0.00	84.67
	Número de células endodérmicas (NCE)	17.17	0.00	82.83
	Longitud del haz vascular incluyendo células endodérmicas (LHVCE, μm).	3.29	0.00	96.71
	Ancho del haz vascular incluyendo células endodérmicas (AHVCE, μm).	0.53	0.00	99.47
	Distancia del ángulo a la posición del canal resinífero (DAPCR, μm).	43.88	0.00	56.12

Con la obtención del porcentaje de componentes de varianza se puede señalar lo siguiente, de acuerdo a (Zobel y Talbert, 1988) mencionan que no es posible determinar la porción de las diferencias que existen entre los árboles, rodales o procedencias que están bajo control genético o ambiental, sin antes hacer pruebas genéticas. Pero señalan que en la variación natural, las variables más afectadas en poblaciones, tienen más efectos ambientales, mientras que en árboles dentro de poblaciones la mayor aportación es debida por efectos genéticos. Sin embargo en este estudio las variables evaluadas la mayor variación se presento en el error o muestras dentro de árboles. Pero a veces, la variación de un rodal a otro resulta de un error de muestreo debido al tamaño pequeño de la población (Zobel y Talbert, 1988) y es conocido que en México *Pinus coulteri* solo se distribuye en Baja California en cinco poblaciones naturales (Minnich, 1986).

4.4 Análisis multivariado

4.4.1 Componentes principales

El análisis muestra que los tres primeros componentes explican el 73% de la varianza total, desglosado de la siguiente manera, para el primer componente aporta un 49%, el segundo 13% y el tercero 11% (Cuadro 7). Para la determinación del número de componentes principales, se define por la variabilidad de la población de la que fue tomada la muestra, para datos del tipo laboratorio, se explica fácilmente el 95% de la variabilidad total con solo dos o tres componentes principales. Sin embargo para datos de del “tipo de personas” es posible que se requieran cinco a seis componentes principales para poder explicar el 70 a 75% de la variación total y por consecuente entre más números de componentes se requieran, menos útil se vuelve cada uno (Johnson, 2000).

En el (Cuadro 8) se pueden observar los valores de correlación para las variables morfológicas para el primer componente fueron ancho de acícula (AA, mm) ($r=.33$), ancho de vaina (AV, mm) ($r=.31$), número de hileras de estomas en el envés izquierdo (NDHEENI) ($r=.31$), número de hileras de estomas en el envés derecho (NDHEEND) ($r=.32$) número de hileras de estomas en el envés derecho

(NDHEEND) ($r=.32$) y en forma negativa el número de hileras de estomas en el haz (NDHEH) ($r=-.32$) para las variables anatómicas fueron el ancho del haz vascular incluyendo células endodérmicas (AHVCE, μm) ($r=.30$) y en forma negativa el número de células endodérmicas (NCE) ($r=-.30$)

Para el segundo componente, las variables anatómicas más correlacionadas positivamente son el diámetro del canal resinífero uno incluyendo las células (DCRU, μm) ($r=.61$) y el diámetro del canal resinífero dos incluyendo las células (DCRD, μm) ($r=.58$) y para el tercer componente en variables morfológicas más correlaciones fue la longitud de acícula (LA, mm) ($r=.39$) y de forma negativa el número de estomas en el haz 1mm (NEEH1MM) ($r=-.31$). Mientras que en las variables anatómicas las dos variables correlacionadas fueron la distancia del ángulo a la posición del canal resinífero (DAPCR, μm) ($r=.53$) y longitud del haz vascular incluyendo células endodérmicas (LHVCE, μm) ($r=-.38$). En las variables morfológicas el largo de vaina (LA, mm) el número de estomas en el envés 1 mm (NEEE1MM) no presentaron correlación con ninguno de los tres primeros componentes con respecto a las anatómicas la variable que no presento correlación fue el número de canales resiníferos (NCR) (Cuadro 8).

En la figura 4 se observa la gráfica que muestras los valores del análisis de componentes principales, las dos poblaciones se observan que están mezcladas, las variables morfológicas que aportan más en el primer componentes es ancho de acícula (AA) número hileras de estomas en el haz (NDHEH) y en número de hileras de estomas en el envés izquierdo como derecho (NDHEENI) (NDHEEND) en variables anatómicas fueron el número de células endodérmicas (NCE) y la distancia del ángulo a la posición del canal resinífero (DAPCR)

En estudios realizados mediante compontes principales ayudaron a separar a poblaciones de especies de *Picea sitchensis* (Bong.) carrieére del complejo de *Picea engelmannii* (Taylor *et al.*, 1994). Otros ejemplos se presentaron al separar a *Pinus pseudostrobus* Lindl de *Pinus montezumae* Lamb. (Favela, 1991) y en *Pinus devoniana* var. *devoniana* Lindl de *Pinus devoniana* var. *cornuta* (Sáenz *et al.*, 2012). Sin embargo esto no aplica a *Pinus coulteri* debido a que son poblaciones de la misma especie.

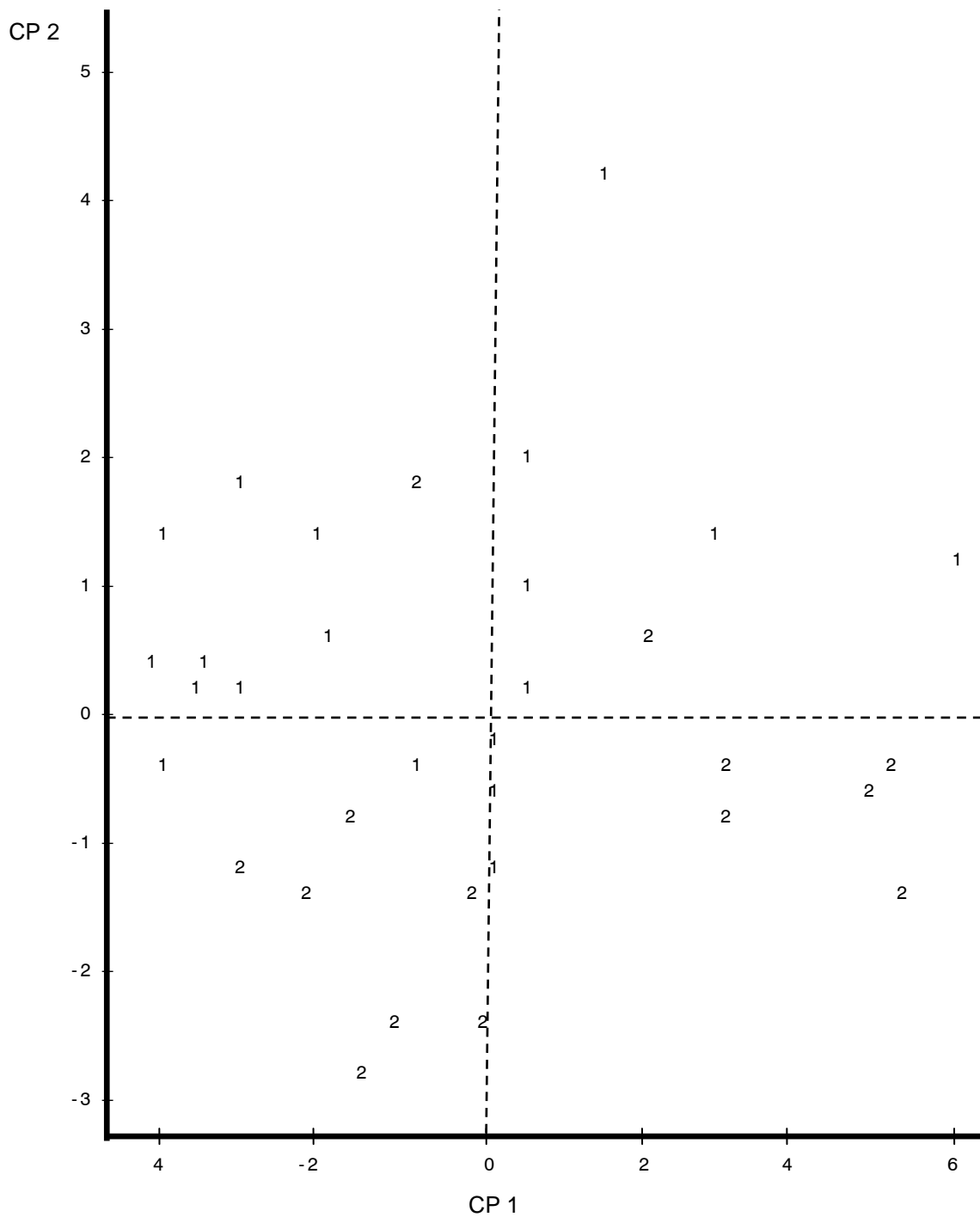
Cuadro 7. Matriz de correlación de los eigenvalores de *Pinus coulteri* D. Don.

Componentes	Eigenvalor	Diferencia	Proporción	Acumulativo
1	7.76	5.53	0.49	0.49
2	2.23	0.51	0.13	0.62
3	1.72	0.48	0.11	0.73
4	1.24	0.26	0.08	0.81
5	0.98	0.43	0.06	0.87
6	0.55	0.17	0.03	0.91
7	0.38	0.09	0.02	0.93
8	0.29	0.05	0.02	0.95
9	0.24	0.04	0.02	0.96
10	0.21	0.08	0.01	0.98
11	0.12	0.04	0.01	0.98
12	0.08	0.01	0.01	0.99
13	0.07	0.02	0.00	0.99
14	0.05	0.01	0.00	1.00
15	0.04	0.02	0.00	1.00
16	0.02		0.00	1.00

Cuadro 8. Correlaciones de variables con los componentes principales de *Pinus coulteri* D. Don.

Características	Variable (abreviatura)	Componente principal		
		1	2	3
Morfológicas	Largo de acícula (LA, mm)	-0.15	0.24	0.39 [¶]
	Ancho de acícula (AA, mm)	0.33 [¶]	-0.01	-0.01
	Largo de vaina (LA, mm)	0.21	-0.24	-0.03
	Ancho de vaina (AV, mm)	0.31 [¶]	-0.04	-0.02
	Número de hileras de estomas en el haz (NDHEH)	-0.32 [¶]	-0.07	-0.16
	Número de hileras de estomas en el envés izquierdo (NDHEENI)	0.31 [¶]	0.02	0.24
	Número de hileras de estomas en el envés derecho (NDHEEND)	0.32 [¶]	0.02	0.21
	Número de estomas en el haz 1mm (NEEH1MM)	0.22	0.16	-0.31 [¶]
Acículas	Número de estomas en el envés 1 mm (NEEE1MM)	0.24	0.18	-0.21
	Número de canales resiníferos (NCR).	0.23	-0.20	0.24
	Diámetro del canal resinífero uno incluyendo las células (DCRU, μm)	0.04	0.61 [¶]	0.17
	Diámetro del canal resinífero dos incluyendo las células (DCRD, μm)	0.05	0.58 [¶]	0.12
	Número de células endodérmicas (NCE)	-0.30 [¶]	0.11	0.05
	Longitud del haz vascular incluyendo células endodérmicas (LHVCE, μm).	0.24	0.16	-0.38 [¶]
	Ancho del haz vascular incluyendo células endodérmicas (AHVCE, μm).	0.30 [¶]	0.04	-0.23
Distancia del ángulo a la posición del canal resinífero (DAPCR, μm).	0.20	-0.19	0.53 [¶]	

¶= variables fuertemente correlacionadas



CP= Componentes principales; 1= Santa Catarina; 2= Rancho San Faustino.

Figura 4. Gráfica que muestra los valores de los componentes 1 y 2 de las dos poblaciones de *Pinus coulteri* D. Don.

5 CONCLUSIONES

Las poblaciones de San Catarina y Rancho San Faustino de *Pinus coulteri* son diferentes en cuatro variables morfológicas y cinco anatómicas sobresaliendo la diferencia principalmente al ancho de acícula y al número de hileras de estomas, por lo tanto los valores de variación indican que existe variabilidad en la especie, esto a pesar de ser una especie endémica con distribución limitada.

La población de Santa Catarina como presentó valores inferiores con respecto a la longitud de acícula, la disminución de hileras de estomas y un valor superior de número de estomas en un mm lineal, lo cual supone posibles adaptaciones ambientales.

6 RECOMENDACIONES

Evaluar las poblaciones faltantes para contrastar los resultados obtenidos en este estudio, así como aumentar el número de muestras por población considerando así la variación de acícula de la especie en México.

Por otra parte en el análisis de acículas revisar cortes transversales a lo largo de la acícula con la finalidad de saber si los canales resiníferos son continuos o discontinuos.

7 LITERATURA CITADA

- Agúndez L., D. y R. Alía M. 1997. Estudio de la variación morfológica de *Pinus halepensis* Mill. Congreso Forestal Hispano Luso. Actas. pp. 27-32.
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Tlistado.html>
- Box, G. E. P. y D. R. Cox. 1964. An analysis of transformation Journal of the Royal Statistical Society. Series B (methodological) 26(2): 211-252.
- Conafor. 2002. Programa Estratégico Forestal para México 2025. México, D.F. 173 p.
- Conanp. 2006. Programa de conservación y manejo parque nacional Sierra San Pedro Mártir México. Primera edición. México 132 p.
- Farjon, A. y B.T Styles. 1997. Flora Neotrópica: *Pinus* (Pinaceae). New York Botanical Garden. New York. 291 p.
- Favela L., S. 1991. Aplicación de técnicas numéricas en algunos pinos mexicanos. Reporte científico N° 25. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de ciencias forestales. Linares, N.L. 35 p.
- Fisher, R.A. 1930. The genetical theory of natural selection. Clarendon Press, Oxford, England 272 p.
- Furnier, G.R. 2004. Métodos para medir variación genética en las plantas. *In* Manejo de Recursos Genéticos Forestales. Vargas H., J. J., B. Bermejo V. y F.T. Ledig. Editores. 2ª ed. Colegio de postgraduados, Montecillo, Edo. de México, y Comisión Forestal, Zapopan, Jalisco. pp. 20-31.
- García E., de M. 1998. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república Mexicana). Offset Larios. 4ª ed. Corregida y aumentada 1988. México, D.F. 217 p.

- García N., R.M. 1986. Variación morfológica de acículas, conos y semillas de *Pinus maximartinezii* Rzedowski. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 54 p.
- García V., de J. 2012. Indicadores reproductivos de conos y semillas de poblaciones naturales de *Pinus coulteri* D. Don en Baja California. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 36 p.
- González A., E. Charlotte P, Garcillán P y E Ezcurra. 2010. Ecorregiones de la península de Baja California Boletín de la sociedad Botánica de México 87: 69-82.
- Hernández S., D. 2009. Variación morfológica de *Picea mexicana* Martínez en poblaciones naturales de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 52 p.
- Hines W. W., y D. C. Montgomery. 1996. Probabilidad y estadística para ingeniería y administración. Traductor Nagore G. 2ª ed. Ed. Continental. México. 834 p.
- Iglesias A., L. G., y. Tivo F. 2006. Caracterización morfométrica de la población de *Pinus hartwegii* Lindl del cofre de perote, Veracruz, México. Ra Ximhai 2 (2): 449-468.
- INEGI .2005a. Cuaderno estadístico Municipal de Tecate, Baja California.
- INEGI .2005b. Cuaderno estadístico Municipal de Ensenada, Baja California.
- Infante G., S. y G.P. Zárate de L.1990. Métodos estadísticos 2ª ed. Ed. Trillas. México.643 p.
- Johnson, D. E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Primera edición en español. International Thomson Editores. México 566 p.
- Ledig FT. 2000. Founder effects and the genetic structure of *Coulter pine* D. Don. The American Genetic Association 91: 307-315.
- Littell, R. C., G. A. Milliken, W.W. Stroup y R. D. Wolfinger. 1996. SAS® System for mixed models. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA 633 p.

- López U., J, V. Velazco F., J. Jasso M., y C. Ramírez H. 2001. Hibridación naturales entre *Pinus oocarpa* y *P. pringlei*. Acta Botánica. Mexicana. 57: 51-66.
- Martínez V., R. 2009. Variación morfológica y anatómica de *Picea martinezii* T.F. Patterson en cuatro poblaciones naturales de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio. Buenavista, Saltillo, Coahuila, y México. 53 p.
- McCune, B. 1988. Ecological diversity in North American Pines. American Journal of Botany. 75(3):353-368.
- Minnich, R.A. 1986. Range extensions and corrections for *Pinus jeffreyi* and *Pinus coulteri* (*Pinaceae*) in Northern Baja California. Notes. Madroño 33(2): 144-149.
- Nepamuceno M., F. y V. Sánchez A. 1987. Variaciones morfológicas en 10 poblaciones de *Pinus oocarpa* Schiede. Ciencia forestal 12: 3-17.
- Ochoa Z., J.A. y L. Beltrán G. 1977. Grupos indígenas de Baja California. Instituto Nacional Indigenista (INI). (En línea) (Consulta 1 de junio de 2013) <http://mazochoquim.com/GRUPOS%20IND%CDGENAS%20DE%20BAJA%20CALIFORNIA.pdf>
- Peinado, M., C. Bartolomé, J. Delgadillo, I. Agudo. 1994. Pisos de vegetación de la sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México. Acta botánica 29: 1-30.
- Perry J., P. Jr., A. 1991. The Pines of México and Central América. Timber Press. Portland, Oregón USA. 231 p.
- Perry, J. P. Jr., A. Graham y M. D. Richardson. 1998. The history of pines in México and Central America. In: M.D. Richardson (ed). Ecology and Biogeography of *Pinus* Cambridge University Press. Cambriadge, UK. Pp. 137- 149.
- Price, R.A., A. Liston y S.H. Strauss. 1998. Phylogeny and systematic of *Pinus*. In: Ecology and biogeography of *Pinus*. M.D. Richardson (ed). Cambridge University Press. Cambrige, UK. Pp. 49-68.

- Reyes H., V.J., J.J. Vargas H., J. López U., y H. Vaquera H. 2005. Variación morfológica y anatómica en poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* (Pinaceae). Acta Botánica Mexicana. 70: 47- 67.
- Rodríguez G., A. 2004. Variación de nueve caracteres morfológicos de acículas, conos y semillas de *Pinus engelmannii* Carr en el estado de Durango. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 78 p.
- Rodríguez L., R. y M.A. Capó A. 2005. Morfología de acículas y conos en poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engelm. Ra Ximhai 1 (1): 131-152.
- Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Sáenz R., C., S. Aguilar A., M.A. Silva F., X. Madrigal S., S. Lara C., y J. López U. 2012. Variación morfológica altitudinal entre poblaciones de *Pinus devoniana* Lindl. y la variedad putativa *cornuta* Martínez en Michoacán. Rev. Méx.Cien. For: vol.3 N°13: 18-28.
- SAS Institute. 1988. SAS/STAT® User's guide, release 6.03 Edition. SAS Institute, Inc. Cary, NC. USA. 1028 p.
- SEMARNAT.2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental – especies nativas de México de flora y fauna silvestre – categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – lista de especies en riesgo. D.O.F.30 de diciembre de 2010. México. 153 p. [En línea] 2 de Febrero 2011.Disponible en: https://www.google.com.mx/#sclient=psyab&q=norma+059+semarnat+2010&oq=norma+059+sem&gs_l=hp.3.1.0l3.1971.5666.0.8065.13.12.0.1.1.0.686.3094.0j9j1j52.12.0.0.0.1c.1.12.psyab.TAHmY1TVyo&pbx=1&bav=on.2,or_r_cp.r_qf.&bvm=bv.47008514,d.dmQ&fp=a93522d8f58534f1&biw=1517&bih=741
- Sit, V. 1995. Analyzing ANOVA Designs. Biometrics Information Handbook 5. Research Branch, B. C. Ministry of Forests. Working Paper 07/1995. Victoria, B. C, Canada.61 p.
- Snedecor, W. G. y G. W. Cochran. 1981. Métodos estadísticos. Ed. Continental. México.703 p.
- Sprague S., C.1961.Manual of the Trees of North America. Ltd., 30 Lesmiill Road, Don Mills. Canada. 246 p.

Taylor, R. J., y T.F. Patterson. 1980. Biosystematics of Mexican spruce species and population. *Taxon* 29(4):421- 469.

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

Vidal. J.J.1962. El pino. UTEHA, México. 233 p.

Vilela., A. E., y S. Acosta C. 2001. *Pinus chiapensis*: un enfoque ecológico de su anatomía foliar. *Polibotánica*. 11: 111-120.

Zobel, B. y J. Talbert. 1998. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales Traductor M. Guzmán O, Limusa. México. 545 p.