

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



***Pinus arizonica* Engelm.**

PRESENTA:

SERGIO AMILCAR CANUL TUN

MONOGRAFÍA

**Presentada como requisito parcial para
Obtener el título de:**

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

***Pinus arizonica* Engelm.**

MONOGRAFÍA

**Que somete a consideración del H. Jurado calificador como requisito parcial para
obtener el título de:**

INGENIERO FORESTAL

PRESENTA

SERGIO AMILCAR CANUL TUN

APROBADA

PRESIDENTE DEL JURADO

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN
DE AGRONOMÍA**

M. C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

M. C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Mayo de 2005**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

***Pinus arizonica* Engelm.**

MONOGRAFÍA

**Que somete a consideración del H. Jurado calificador como requisito parcial para
obtener el título de:**

INGENIERO FORESTAL

PRESENTA

SERGIO AMILCAR CANUL TUN

PRESIDENTE DEL JURADO

M. C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

PRIMER SINODAL

SEGUNDO SINODAL

Dr. MIGUEL ÁNGEL CAPÓ ARTEAGA

Dr. JOSÉ ÁNGEL VILLARREAL QUINTANILLA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Mayo de 2005**

DEDICATORIA

A mis grandes amores:

Leydi Abigail Cob Chan

Nayvi Abisai Canul Cob

Por haber llegado a mi vida y formar parte de mi, son un gran motivo para triunfar y salir adelante en medio de una gran tempestad.

A mis padres: *Ramón Cruz Canul Vázquez*

Lucila Tún Cahuich.

Por su gran sacrificio realizado, por la confianza que me brindaron y por ser mis mejores amigos. Siempre tuve sus consejos, ayuda en el momento más crítico y comprensión.

A mis hermanos:

Claudio Ezequiel, por aceptar ser mi amigo, por su compañía y apoyo durante mi carrera y en este trabajo. Gracias.

Adriana Concepción, por su gran corazón de compartir todo lo poco o mucho que tiene.

Raúl, por ser una persona honesta y comprensible.

Maria Esther, por sus consejos.

A mi abuela: Maria Tomasa, Cahuich Canul, por sus consejos y apoyo brindado durante mi carrera y en mi formación.

A mis amigos:

M.C. Celestino Flores López, Dr. Raúl López Estrada, Omar Ortega Zapata, Modesto Curiel, Melquisedec Olea, Franqui Borrallés y a la familia Ortega por ser unos grandes amigos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por que me ha permitido tener triunfos y derrotas que han dejado huellas de sabiduría en mi vida, por su gran amor que siempre meda. Por la paciencia que ha tenido conmigo, por la vida que me ha dado. Me ha dado todo, cuando yo no le he dado nada.

A mi universidad “ALMA TERRA MATER” UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, por que ha despertado en mi la conciencia y el respeto hacia mi gente, mi país, mi mundo y sobre los recursos naturales. Gracias por darme la clave del éxito.

Al M. C. CELESTINO FLORES LÓPEZ, por su paciencia, disponibilidad de tiempo en la asesoría y comentarios sobre el presente trabajo y por la aportación de material bibliográfico útil para la realización del presente trabajo. A si también como su consideración sobre la problemática que enfrentan los tesisistas.

Al Dr. MIGUEL ÁNGEL CAPÓ ARTEAGA, por la revisión y comentarios sobre el presente trabajo.

Al Dr. JOSÉ ÁNGEL VILLARREAL QUINTANILLA, por su disponibilidad de tiempo para aclarar dudas sobre el presente trabajo y por su tiempo empleado en la corrección.

A la población de Saltillo, Coahuila, al estado de Campeche y a México, por formar recursos humanos capaces de enfrentar las problemática que se vive.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vii
I INTRODUCCIÓN.....	1
II <i>Pinus arizonica</i> Engelm.....	3
1. Descripción de la especie.....	3
1.1 Taxonomía.....	3
1.1.1 Nombre científico.....	3
1.2 Descripción de variedades de <i>Pinus arizonica</i> Engelm.....	5
1.2.1 <i>Pinus arizonica</i> Engelm. var. <i>arizonica</i>	5
1.2.2 <i>Pinus arizonica</i> Engelm. var. <i>cooperi</i> (C. E. Blanco)	
Farjon.....	6
1.2.3 <i>Pinus arizonica</i> Engelm. var. <i>stormiae</i> Martínez.	6
1.3 Distribución de <i>Pinus arizonica</i> Engelm.....	7
1.4 Asociación vegetal.....	9
1.5 Requerimientos ambientales de <i>Pinus arizonica</i> Engelm.....	10
1.5.1 Altitud.....	10
1.5.2 Suelo.....	11
1.5.3 Temperatura.....	12
1.5.4 Precipitación.....	12
1.6 Características y uso de la madera.....	13
2 Manejo de vivero.....	16
2.1 Propagación.....	16
2.1.1 Propagación sexual	16
2.1.2 Propagación asexual.....	17
2.2 Producción de planta.....	19
2.2.1 Tipo de envase.....	19
2.2.2 Tipo de sustrato.....	20
2.2.2 Fertilización.....	20
2.2.3 Fecha de trasplante al lugar definitivo.....	22
3 Manejo de la plantación.....	23
4 Genética.....	24
4.1 Variación genética.....	24
4.2 Conservación y mejoramiento genético de <i>Pinus arizonica</i>	
Engelm.....	25
4.2.1 Áreas y rodales semilleros.....	25
4.2.2 Árboles seleccionados.....	30

4.2.3 Hibridación.....	34
5 Silvicultura.....	35
5.1 Estructura y competencia en poblaciones.....	35
5.1.2 Dinámica del ecosistema.....	36
5.2. Regeneración.....	37
5.2.1 Modelo de regeneración y mortalidad.....	39
5.3 Guía de densidad.....	40
5.4 Índices de sitios.....	43
5.5 Tablas de volúmenes.....	49
5.5.1 Ecuación para cálculo de volúmenes.....	49
5.5.2 Ecuaciones de ahusamiento.....	56
5.6 Modelos de incremento y crecimiento.....	57
5.7 Incendios forestales.....	61
5.7.1 Uso del fuego.....	61
5.7.2 Quemadas prescritas.....	62
5.8 Esgurrimientos subsuperficiales.....	63
5.9 Plagas y enfermedades en rodales naturales.....	64
5.9.1 Enfermedades.....	64
5.9.2 Insectos.....	66
5.9.2.1 Insectos descortezadores.....	66
5.9.2.2 Barrenadores de brotes y yemas.....	66
5.9.2.3 Insectos de conos y semillas.....	68
5.9.2.4 Insectos del follaje.....	72
5.9.2.5 Insectos chupadores de savia.....	73
5.9.2.6 Insectos formadores de agallas.....	74
5.9.2.7 Insectos de la raíz.....	74
6 Análisis de la literatura revisada.....	75
III LITERATURA CITADA.....	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Nombres comunes de <i>Pinus arizonica</i> Engelm.....	4
2	Características de la madera juvenil de 18 años ó dentro del rango de 15 a 21 años de edad de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. (Hernández, 1994).....	14
3	Absorción, retención, penetración y clasificación de acuerdo a los métodos y preservadores para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. (Machuca, 2003).....	15
4	Altura final de las plantas de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en respuesta a cinco distintas porciones de N-P-K aplicadas bajo invernadero evaluadas al final de 30 semanas (Alarcón y Román, 1997).....	21
5	Características de áreas semilleras y rodal semillero de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. establecidas en el estado de Chihuahua, México (Flores, 1999).....	27
6	Índices de sitio y modelos para construir las dos familias de curvas de calidad de estación para <i>Pinus arizonica</i> Engelm., en el área Experimental Forestal Madera, Chihuahua (González, 1988).....	43
7	Ecuaciones genéricas de volúmenes para <i>Pinus arizonica</i> Engelm., <i>P. durangensis</i> Martínez., y <i>P. engelmannii</i> Carr realizadas en los terrenos de la unidad para el desarrollo forestal no. 2 "El largomadera" en los municipios de Madera y Casas Grandes Chihuahua (Zepeda <i>et al.</i> , 1994).	51
8	Modelos para el calculo de volúmenes para la especie <i>Pinus arizonica</i> Engelm. realizada en cuatro ejidos, ubicados en cinco regiones forestales del estado de Chihuahua (Armendáriz <i>et al.</i> , 2003).....	52
9	Ecuaciones para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en los terrenos de la unidad de conservación y desarrollo forestal No. 7, de "Norogachi-Guachochi", Chihuahua (García <i>et al.</i> , 1998).....	53
10	Cuadro 11. Tabla de volumen, regla métrica Cifonor-Chihuahua, (Juárez y Pando, 1993).....	55

Cuadro		Página
11	Las ecuaciones resultantes para estimar el crecimiento de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en tres predios particulares de Aguzaina, municipio de Bocoyna; Lote A Sur y Pinos Altos, ambos del municipio de Ocampo, Chihuahua (Cumplido, 2002).....	57
12	Análisis de la literatura referente al tema 1 Descripción de la especie <i>Pinus arizonica</i> Engelm.	75
13	Análisis de la literatura referente al tema 2 Manejo del vivero.....	76
14	Análisis de la literatura referente al tema 3 Manejo de la Plantación.....	77
15	Análisis de la literatura referente al tema de 4 Genética	77
16	Análisis de la literatura referente al tema 5 Silvicultura	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Diámetro basal de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en respuesta a cinco distintas proporciones de N-P-K en la fertilización, evaluadas al final de 30 semanas (Alarcón y Román, 1997).....	21
2	Formato para seleccionar árboles superiores para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en la propiedad el Yeposo, Bocoyna Chihuahua (Flores, 2001).....	32
3	Curva de regresión promedio de índice de sitio para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el Ejido Madera, Chihuahua (Área Experimental Forestal) y árboles superiores seleccionados en los parajes “El Cuatro” y “Altos del Tres”, ejido Madera (Flores, 2001).....	33
4	Asociación de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. y <i>Pinus montezumae</i> Lamb. en la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí. Estructura de altura(a), diámetro normal (b), y edad (c) (Flores, 2003).....	36
5a	5a. Guía de densidad definitiva para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en la P. P la Laja y los ejidos Talayotes y Baburiachi, Municipio de Bocoyna, Chihuahua, utilizando en Índice de Densidad del Rodal de Reineke, como norma de densidad (Fernández y Flores, 1999).....	42
5b	5b. Guía de densidad definitiva para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en la P. P la Laja y los ejidos Talayotes y Baburiachi, municipio de Bocoyna, Chihuahua, utilizando en Índice de Densidad del Rodal de Reineke, como norma de densidad (Fernández y Flores, 1999).....	42
6	Curvas de calidad de estación para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. por la variante I en el Área Experimental Forestal Madera, Chihuahua (González, 1988).....	44
7	Curvas de calidad de estación para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. por la variante II en el Área Experimental Forestal Madera, Chihuahua (González, 1988).....	45
8	Curvas de calidades de estación para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. con edad total (—) y edad a 1.30 m. (---). En el Área Experimental Forestal Madera, Chihuahua (González, 1988).....	46
9	Curvas de índices de sitio para <i>Pinus arizonica</i> Engelm., utilizando el modelo de Chapman-Richards en su forma anamórfica, en la región Noroeste del estado de Durango (Pérez, 1990).....	48

Figura		Página
10	Curvas de índice de sitios para <i>Pinus arizonica</i> Engelm. utilizando el modelo de Chapman-Richards, en su forma polimórfica en la región Noreste del estado de Durango (Pérez, 1990).....	49
11	Mapa que muestra los estratos definidos del área de estudio en los terrenos de la unidad de conservación y desarrollo forestal No. 7, de “Norogachi-Guachochi”, Chihuahua (García <i>et al.</i> , 1998).....	54

RESUMEN

Pinus arizonica Engelm. fue descubierto en Arizona, Estados Unidos de América, cuya distribución más extensa se localiza en México particularmente en los estados de, Sonora, Chihuahua y Durango; en menor proporción en los estados de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí; siendo más importante comercialmente en el estado de Chihuahua. La especie cuenta con tres variedades: *Pinus arizonica* Engelm. var. *arizonica*, *Pinus arizonica* Engelman var. *cooperi* (C. E. Blanco) Farjon, como una nueva combinación y *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez. Su uso se destina principalmente a la industria papelera, construcción, ebanistería, elaboración de chapa y de triplay, para cajas, duelas, para puntales de minas, postes y durmientes de ferrocarril.

La revisión bibliográfica indica que hay temas poco estudiados como es el caso del manejo de plantaciones que solo cuenta con cuatro citas bibliográficas (3.20%), el tema de genética solo cuenta con 16 citas bibliográficas (12.20%), manejo del vivero 22 citas bibliográficas (17.46%) y silvicultura con 33 citas bibliográficas (26.20%). En cuanto al tema descripción de la especie existe suficiente bibliografía, 51 citas bibliográficas (40.50%). Se recomienda realizar más estudios, y sobre todo documentar las experiencias realizadas sobre plantaciones y genética de la especie, ya que estos estudios son básicos para la conservación de la especie, además esta especie es muy atacada por plagas y enfermedades, lo que se demandan estudios para establecer medidas de control y de combate.

Palabras clave: Monografía, *Pinus arizonica*, descripción de la especie, manejo de vivero, manejo de la plantación, genética, silvicultura.

I INTRODUCCIÓN

Pinus arizonica Engelm. fue descubierto en Arizona en Estados Unidos de América, pero su distribución mas extensa se localiza en México particularmente en los estados de, Sonora, Chihuahua y Durango (Mirov, 1961); en Chihuahua y Durango es la especie principal (Juárez, 1977) y es posible que por la superficie que ocupa en Chihuahua y Durango sea una de las especies de pino con mayor superficie en México, solo en el estado de Chihuahua ocupa aproximadamente 1317.49 km², abarcando parte de la zona sur, Centro y Norte de la Sierra Tarahumara, en Chihuahua, lo que representa el 1.85% de su superficie (López, 2001). Se le usa principalmente en la industria papelera, construcción, ebanistería, elaboración de triplay y de chapa, para cajas, duelas, para puntales de minas, postes y durmientes de ferrocarril; en zonas donde el crecimiento e incremento de los árboles no son adecuados para el aprovechamiento maderable se practica la resinación (Zarzosa, 1950; Rzedowski, 1978; García y González, 2003).

Pinus arizonica es la especie de mayor abundancia e importancia económica en Chihuahua, sobre todo para la región de Madera, Chih. (García, 1986; Flores, 1977). Esta especie es la que mas se explota en el estado de Chihuahua por lo que ha dado como resultado una deforestación y perdida genética a causa de explotaciones comerciales, la destrucción por incendios y los desmontes para la agricultura. En la región Bosque Modelo Chihuahua, existe un volumen anual aprovechable aproximadamente de 49,341 y a nivel estado 1, 353,656 metros cúbicos de madera en rollo, principalmente de *P. arizonica* y en menor proporción otras especies de menor abundancia como *P. ayacahuite* Ehrenh., *P. leiophylla* Schltdl. & Deep, *P. lumholtzi* B.L. Rob. & Fernald., *P. durangensis* Martínez., *P. engelmannii* Carr, *Pseudotsuga flahaultii* Flous, *Abies durangensis* Martínez. y *Quercus spp.* (Juárez, 1977; Perry, 1991; Carrasco y Negrete, 1992; Orta y Juárez, 2000; García y González, 2003; INEGI, 2003).

La recopilación bibliográfica para la elaboración de la presente monografía se realizó lo más completamente posible para el conocimiento de *Pinus arizonica* y pensando que esta información le sea útil a las personas que realizan trabajos de investigación, docencia sobre el conocimiento de la especie y con el propósito de realizar un buen manejo de los bosques en que esta especie se encuentra.

Los objetivos del presente trabajo son:

- Recopilar información bibliográfica en una monografía sobre la especie *Pinus arizonica* Engelm.
- Conocer la frecuencia y proporción de los temas que se han escrito sobre la especie *Pinus arizonica* Engelm.

II *Pinus arizonica* Engelm.

1 Descripción de la especie

1.1 Taxonomía

1.1.1 Nombre científico

Pinus arizonica fue descrito por George Engelmann en 1878 (en la revista *Rothr. In Wheeler Rep. U. S. Surv. 100th Merid. 6:260,-1878*) (Martínez, 1948). Pertenece a la familia Pinaceae, al orden Pinales, a la clase Pinopsita, a la división Spermatophyta y al reino Metaphyta (Perry, 1991). Dentro de la familia Pinaceae Martínez (1948) ubicó a esta especie en el grupo VII Ponderosa, incluyendo a las especies: *Pinus ponderosa* Lawson, *Pinus Jeffreyi* J. H. Balfour., *Pinus engelmanni* Carr.

Existen frecuentes discrepancias en cuanto a criterios para delimitar y denominar *Pinus arizonica*, de manera que lo que para unos autores es *P. arizonica*, para otros puede llamarse *P. ponderosa* var. *arizonica* o *P. ponderosa* dado a que estas dos especies verdaderamente están muy relacionadas, esta confusión se presenta debido a que, *Pinus arizonica* tiene estrecha relación con *P. ponderosa*, *P. engelmannii* y *P. jeffreyi* (Shaw, 1909; Forest Service, 1948; Rzedowski, 1978; Sargent, 1992; Perry, 1991; Farjon y Styles, 1997). Martínez (1948) consideró a *Pinus arizonica* variedad *stormiae* Martínez, como una variedad de *P. arizonica* mas tarde esta misma variedad también fue considerada por Mirov (1967) y Perry (1991).

Pinus arizonica ha sido conocido como *Pinus ponderosa*, *Pinus ponderosa* var. *arizonica* Shaw, *Pinus lutea* C. E. Blanco var. *ornelasi* Martínez, *Pinus cooperi* var. *ornelasi* (Martínez) C. E. Blanco, *Pinus cooperi* C. E. Blanco (Blanco, 1949; Shaw, 1909; Forest Service, 1948; Sargent, 1922; Mirov, 1961; Rzedowski, 1978; Farjon *et al.*, 1997; García y González, 2003). Esto ha traído controversia entre diferentes taxónomos, por lo tanto para este escrito se tomo la clasificación considerada más reciente, basada en el trabajo de Farjon y Styles (1997) que reconocen a *Pinus arizonica* Engelm. como especie y mencionan tres variedades: *Pinus arizonica* Engelm. var. *arizonica*; *Pinus arizonica* Engelm. var. *cooperi* (C. E. Blanco) Farjon como una nueva combinación y *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez.

Pinus arizonica es conocido con diferentes nombres comunes en cada estado, lo que se presta confusión cuando el nombre científico no es conocido, por tal motivo en el Cuadro 1 se presenta los nombres más comunes.

A pesar de que *P. arizonica* no presenta algún estatus en la NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2002), sin embargo García y González, (2003) recomiendan que se requiere considerar la protección de las áreas donde predomine, con el fin de protegerla a futuro ya que debido a la buena calidad de la madera de *Pinus arizonica* es excesivamente explotada.

Cuadro 1. Nombres comunes de *Pinus arizonica* Engelm.

Autores	Nombre común	Estado
Johnston, (1943); Pérez y Olvera (1981); García y González (2003); Martínez, (1979) y Farjon <i>et al.</i> , (1997)	Pino real, pino chino, pino blanco, pino alimonado, pino cenizo	Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Guerrero (México)
Ramírez (1902); Sargent (1922) y Perry (1991)	Pino amarillo, pino	Arizona (EUA)
Martínez (1979)	Pino real	Coahuila (México)

1.2 Descripción de variedades de *Pinus arizonica* Engelm.

1.2.1 *Pinus arizonica* Engelm. var. *arizonica*

Árbol de 25 a 35 metros de alto, con diámetros hasta de 1.20 metros a la altura de 1.30 m, el tronco es fuerte y derecho, la corteza es de color oscura, con escamas de color canelo rojizo claro; mide de 3 a 5 cm de espesor, tiene ramas corpulentas y extendidas. Las hojas generalmente se encuentra de grupos de tres, muy rara vez cuatro o cinco en algunos fascículos (de 3 a 4 son frecuentes en Sonora, Chihuahua y Coahuila, de 5 en Durango), de 11 a 17.5 cm, de largo o a veces hasta 19.5 cm, son de color verde oscuro; tienen escamas en las dos caras, numerosos y perfectamente marcados, sus bodes son aserrados, con dientecillos finos y pequeños, en ocasiones algo separados; los canales resiníferos son medios y en número de 5 a 10; vainas anidadas, de 15 a 20 mm, de color castaño claro cuando jóvenes y oscuras después, acortándose hasta 5 mm, yemas morenas, largamente ovoides y un poco curvos. Los conos son ovoides, casi extendidos, simétricos, de 5 a 8 cm por 3.5 a 6 cm, de color moreno oscuro y con resina ambarina en algunos casos. Tiene pedúnculos fuertes de unos 10 mm, ocultos en las escamas basales y permanecen en la ramilla con algunas de aquellas cuando el cono se desprende, estos se presentan en pares o en grupos de tres. La semilla mide de 4 ó 7 mm de largo por 3 a 3.5 mm de ancho, de color oscuro marrón: es hinchada, casi oval, tiene alas de 25 mm, de largo por 7 mm de ancho, de color café oscuro, tiene de seis a siete cotiledones, pero mayormente ocho. La madera es blanda, débil o algo quebradiza de textura fina de color rojo claro o amarillento y produce una gran cantidad de resina; con peso específico promedio de 0.50 (Martínez, 1948; Forest Service, 1948; Zarzosa, 1950; Capó, 1972b; Zavala, 1990; Perry, 1991; García y González, 2003; Farjon y Styles, 1997).

Para la identificación de debe de considerar lo siguiente; *Pinus arizonica* tiene por lo general tiene 3 hojas por fascículo, en ocasiones puede tener hasta 4 ó 5 y de 6 a 10 canales resiníferos. *Pinus ponderosa* tiene 2 a 3 hojas por fascículo, con 2 a 6

canales resiníferos. En *Pinus arizonica* el cono tiene espinas pequeñas, y el cono de *Pinus ponderosa* tiene las espinas largas fuertes y erectas (Perry, 1991).

1.2.2 *Pinus arizonica* Engelm. var. *cooperi* (C. E. Blanco) Farjon

El árbol es generalmente de 30 a 35 m de alto, hojas en fascículos generalmente de 4 a 5 generalmente, en ocasiones puede tener 3, pero es mas seguro encontrar 5, las hojas se encuentran generalmente rígidas, encontrándose generalmente encorvadas, son de 6 a 10 cm por 1 a 1.3 mm de diámetro, los estomas se encuentran en todas las caras de las hojas, en 4 a 7 líneas sobre cada cara axial. Los conos son ovoides, levemente curvo, de 10 a 12 por 4 a 6 cm cuando están abiertos. Las semillas son oblicuamente ovoides, levemente aplastado, de 5 a 7 por 4 a 5 mm, las alas de las semillas son generalmente oblicuamente ovaladas, de 15 a 20 x 6 a 8 mm (Farjon y Styles, 1997).

1.2.3 *Pinus arizonica* Engelm. var. *stormiae* Martínez

Con nombre común (pino real, pino blanco) difiere en sus hojas, que son mayores (20-30 cm); en sus canales resiníferos, menos numerosos (3-8) y en sus conos, en lo general algo mayores (7-10 cm) de longitud. El árbol es generalmente de 10-20 m de altura; ramillas moreno oscuras y ásperas, en la base de las bracteadas abultadas y salientes. Hojas en fascículos de tres, a veces cuatro y cinco (en los ejemplares de la Sierra de Los Patos en Coahuila) de 20 a 30 cm de largo, de color verde oscuro, triangulares cuando son cinco y carinadas cuando son tres; anchas y fuertes, tiesas y finalmente aserradas, con dienteillos casi invisibles en la costilla media. Endodermo moderadamente engrosado; hipodermo irregular, con entrantes en el clorénquima; canales resiníferos medios, en número de tres a ocho, más comúnmente tres ó cuatro; haces fibrovasculares alargados. Vainas de 13 a 20 mm, de color castaño al principio y muy oscuras o casi negras después, no resinosas. Conos ovoides, extendidos o ligeramente reflejados y algo encorvados, fuertes y pesados, persistentes, de 7.5 a 10.5 de largo de color moreno oscuro, colocados en pares o en grupos de tres o cuatro; pedúnculos de 10 mm, casi oculto en la base del cono, el cual

al desprenderse deja en aquel algunas escamas básales. Escamas de 30 mm de largo por 15 de ancho, fuertes, de ápice anguloso o redondeado; quilla transversal fuerte y levantada, con apófisis prominente subpiramidal, levemente reflejada, con elevaciones de unos 6 mm; cúspide cenicienta, con espina cónica y persistente. Semilla de 6 a 7 mm, morena, con ala de 22 mm de largo por nueve a diez de ancho, con estrías longitudinales oscuras (Martínez, 1948; Perry, 1991; Farjon y Styles, 1997).

1.3 Distribución de *Pinus arizonica* Engelm.

Pinus arizonica se distribuye al suroeste y sureste de los estados unidos, en Arizona lugar donde fue descubierto y Sureste de Nuevo México. En México se encuentra principalmente y con mayor distribución en la Sierra Madre Occidental, al Sur y Oriente de Durango, al Oeste de Chihuahua, Oriente de Sinaloa, en Coahuila de una manera dispersa, Noreste de Zacatecas y Nuevo León (Perry, 1991; Campos 1993; Farjon y Styles, 1997; Martínez, 1948; Forest Service, 1948; Mirov, 1967 y Farjon *et al.*, 1997).

Pinus arizonica es un pino muy común en Coahuila, forma bosques en los valles abiertos y sobre las laderas mas secas de la Sierra Madre Oriental y crestas de las montañas elevadas, se encuentra mas ampliamente distribuida en la Sierra Madre Oriental en Nuevo León y Tamaulipas, también se encuentra al sur de Nuevo México y Arizona y Noreste de Sonora (Johnston, 1943).

Se encuentra distribuido a lo largo de la Sierra Madre Occidental, en su porción correspondiente a Chihuahua y Sonora, las dos especies más abundantes encontradas en la altitud de 1800 y 3000 m son *Pinus arizonica* hacia las partes superiores y *Pinus engelmannii* hacia las partes inferiores. También se encuentra en Durango en las porciones orientales más secas de la Sierra Madre Occidental. Se localizan poblaciones de *Pinus arizonica* asociados con *Pinus patula* Shiede & Deppe y especies de *Quercus*,

al Poniente de La sierra Madre Oriental entre Río Verde y San Luis Potosí, a una altitud de 1500 a 2500 m (Rzedowski, 1978).

De forma específica, *Pinus arizonica* Engelm. se encuentra en las siguientes localidades: el municipio de Madera, estado de Chihuahua, así como en otros municipios del estado, en las partes elevadas de las serranías de Chihuahua (González, 1988; Zarzosa, 1950). Chacón *et al.*, (1989) mencionan que en la llamada "Mesa del Negro", dentro del macizo boscoso del municipio de Madera, estado de Chihuahua, en el centro del sitio permanente de experimentación forestal " El Poleo", se encuentra un rodal virgen de *Pinus arizonica* y *P. durangensis*. Capó (1972b) menciona que *Pinus arizonica* se encuentra en la sierra la Marta, Siberia, Coah., en El Cañoncito en San Pablito, N. L., 8 km, al Este de Galeana, N. L. También se encuentra en la Sierra de la Paila (Villarreal, 1994). *Pinus arizonica* se encuentra en la sierra de Álvarez, en una cordillera situada al sureste de la ciudad de San Luis Potosí y se extiende en dirección noroeste a sureste desde la Altiplanicie Potosina, en las inmediaciones del municipio Armadillo de los Infantes, hasta conectarse en las de la Sierra Gorda en los estados de Guanajuato y Querétaro (Castillo, 2003 y Flores, 2003). Por su parte Sargent (1922) y Mirov, (1967) mencionan que *Pinus arizonica* se encuentra en los Estados Unidos de América, en el Sudeste de las Montañas del Arizona y al Suroeste de Nuevo México.

Pinus arizonica Engelm. var. *cooperi* (C. E. Blanco) Farjon, se encuentra principalmente en Durango, y en forma dispersa hacia el Norte en la Sierra Madre Occidental en Chihuahua (Farjon y Styles, 1997).

Pinus arizonica var. *stormiae* Martínez se encuentra en Nuevo León, Coahuila y Zacatecas; como Sierra de Los Patos, Coah.; Cañón de la Peña, Los Lirios Arteaga, Coah.; Picos de Davis, Muzquiz, Coah.; Acuña Coah.; Las Margaritas, Zaragoza, Coah.; predio Ojo de agua, Galeana, N. L.; Las Placetas, Galeana, N. L. y en La Sierra La Marta, de Los Rayón, N. L. Se le puede encontrar en sitios similares al de la variedad *arizonica*, pero se encuentra generalmente en lugares más secos. Se encuentra formando masas puras, y cuando no se encuentra mezclado con *Quercus*, *Juniperus* y

Pinus como *P. cembroides* Zucc. y *P. pseudostrobus* Lindl. generalmente en un rango altitudinal de 1500 a 3000 msnm (Martínez, 1948; Mirov, 1961; Capó 1972b; Perry, 1991; García y González, 1991; Farjon y Styles, 1997; Farjon *et al.*, 1997; Villarreal, 2001).

1.4 Asociación vegetal

En la Sierra Madre Occidental *Pinus arizonica* se encuentra asociado con el bosque de Pino formando masas puras hacia el norte y en el resto del área se encuentra mezclado con *Pinus duranguensis* Martínez, a si también se asocia con el bosque de Pino y Encino, con las especies de *P. duranguensis* Martínez, *P. ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw, *P. montezumae* Lamb., *P. pseudostrobus* Lindl., *P. teocote* Schl. & Cham. y *P. engelmannii* Carr; entre las latifoliadas se encuentra *Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl. *Q. candicans* Née, *Q. affinis* Scheid., *Q. arizonica* Sarg., *Q. fulva* Liebm., *Q. rugosa* Née y *Arbutus glandulosa* M. Martens & Galeotti (García, 1986; González, 1988; Castillo, 2003 y Flores, 2003). Por lo general *Pinus arizonica* se encuentra mayormente asociada al bosque de pino (López *et al.*, 2001). Esta clasificada como especie intolerante por lo que tiende a formar rodales coetáneos y cuando forma rodales irregulares, éstos se componen de pequeños rodales coetáneos (Islas y Mendoza, 1992). La estructura de las masas se compone de dos estratos; un piso alto, relicto de la vegetación original y un piso bajo constituido por poblaciones de segundo crecimiento, creciendo en alta densidad, también sé le puede encontrar con varios estratos. Se distribuye más ampliamente en valles y en mesetas, en suelos profundos, moderadamente secos; en invierno pueden encontrarse cubiertos de escarcha (Zepeda *et al.*, 1990; Farjon y Styles, 1997).

El estrato herbáceo donde se localiza *Pinus arizonica* corresponde a plantas anuales que se regeneran cuando hacen presencia las lluvias de verano y terminan su ciclo reproductivo a mediados de otoño al presentarse las heladas. El estrato arbustivo se encuentra formado por especies comunes como madroño (*Arbutus glandulosa* M. Martens & Galeotti), manzanita (*Arctostaphylos pungens* Kunth.) y junco (*Ceanothus*

sp.). En el estrato arbóreo se encuentra constituido por *Pinus arizonica*, *P. durangensis* Martínez, *P. ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw, *Quercus* sp. y *Juniperus* sp., dominado en cuanto a frecuencia por *P. arizonica* (Chacón, 1983).

Pinus arizonica var. *cooperi*, tiene hábitat similar a la variedad *arizonica* y se encuentra asociado con *Pinus duranguensis* Martínez, *P. leiophylla* Schltld. & Cham., *P. strobiformis* Engelm., *P. teocote* Schltld. & Cham. (Farjon y Styles, 1997).

Pinus arizonica var. *stormiae*, forma parte del Bosque mediano Sub-perennifolio, asociado con *Pinus arizonica*, *P. greggii* Engelm., *P. montezumae* Lamb., *P. pseudostrobus* Lindl., *P. teocote* Schltld. & Cham., *Pseudotsuga flahautii* Flous., *Copressus arizonica* Greene., *Juniperus monosperma* (Engelm.) Sarg. y *Quercus* sp. (Capó, 1972a). A si también sé le puede encontrar en sitios similares al de la variedad *arizonica*, pero generalmente en lugares más secos. Se encuentra formando masas pura, y cuando no, se encuentra mezclado con *Quercus* sp., *Juniperus* y *Pinus* como *P. cembroides* Zucc. y *P. pseudostrobus* Lindl. (Mirov, 1961; Perry, 1991; Farjon y Styles, 1997).

1.5 Requerimientos ambientales de *Pinus arizonica* Engelm.

1.5.1 Altitud

Pinus arizonica se ve influenciado en su distribución por aquellos rangos de altitud que van de los 2400 a los 3000 metros sobre el nivel del mar, se desarrolla mejor en pendientes que van de los 0 al 5 % la orientación no presenta un rango definido que determine la distribución (Chacón *et al.*, 1989; Perry, 1991; López, 2001).

Su rango altitudinal en México es de 1800 a 2700 m en los Estados Unidos se encuentra entre 1900 y 2560 msnm (Mirov, 1967; Sargent 1922). Por otra parte Rzedowski (1978) en lo que respecta a México y en lugares mas específicos se

menciona que *Pinus arizonica* se encuentra distribuido a lo largo de la Sierra Madre Occidental, en su porción correspondiente a Chihuahua y Sonora, a una altitud de 1800 y 3000 msnm; también se localiza al Poniente de La Sierra Madre Oriental entre Río Verde y San Luis Potosí, a una altura de 1500 a 2500 msnm. García y González (1991) y Castillo (2003) mencionan que *Pinus arizonica* se encuentra a menos de 1700 msnm en los alrededores del Cerro Potosí, de Nuevo León, y en la Sierra de Álvarez, cadena montañosa localizada al sudeste de la capital de San Luis Potosí. Farjon y Styles, (1997) mencionan que se encuentra en altitudes de 1300 a 3000 m, pero la óptima es de 2000 a 2700 m. Para *Pinus arizonica* Engelm. var. *cooperi* (C. E. Blanco) Farjon, su rango altitudinal va de los 2000-3000 m (Farjon y Styles, 1997). En *Pinus arizonica* var. *stormiae* Martínez su rango altitudinal generalmente es de 1500-3000 m (Farjon y Styles, 1997; Perry, 1991).

1.5.2 Suelo

Pinus arizonica tiene un mejor crecimiento en suelos profundos, con un buen drenaje, con poca pendiente y en las mesas (Perry, 1991), también se puede encontrar en suelos derivados de basalto y ariolita, en suelos recientes y en suelos que no presentan una estructura definida (Islas y Mendoza, 1992).

En Chihuahua *Pinus arizonica* se ha encontrado en un suelo arcilloso-limoso, profundo y drenado (Chacón *et al.*, 1989). En el municipio de Madera, Chihuahua, en sitios con suelo rico en materia orgánica, que contienen un por ciento de carbonato de calcio que varía de 0.42 a 3.57 y son extremadamente ricos en nitrógeno; poseen un pH que varía de 5.76 a 6.21, por lo que se les considera suelos ácidos (Chacón, 1983). Se ha encontrado en el tipo de suelo feozem háplico y regosol éutrico (Narváez, 1993b; López *et al.*, 2001). *Pinus arizonica* se puede encontrar en suelos de profundidad variable que van de 0 hasta 165 cm, con una profundidad media de 45 cm (Zepeda *et al.*, 1990). El tipo de textura en que se desarrolla *Pinus arizonica* es arcillosa, arcillo-arenosa, arcillo-limosa y limo-arenosa, de textura media y en fases físicas tanto lítica como pedregosa (López *et al.*, 1990).

Pinus arizonica se puede presentar en suelos con gran cantidad de rocas, grava y arena, con una estructura floja en la que es las raíces penetran fácilmente, pero con una baja capacidad de retención de agua (Islas y Mendoza, 1992). Por otra parte Zepeda *et al.*, (1990) mencionan que *Pinus arizonica* se localiza en sitios con materiales predominantes, como rocas y lajas. Esta especie se encuentra asociada de manera positiva con las fases físicas de tipo lítica y pedregosa (López, 2001). Capó (1972b) comenta que y *Pinus arizonica* var. *stormiae* se localiza en suelos yesosos cerca de Galeana, N. L., y en la Sierra La Marta.

1.5.3 Temperatura

Chacón *et al.*, (1989) encontraron *Pinus arizonica* en el municipio de Madera, Chihuahua con una temperatura media anual de 12°C, con una mínima de -3°C y una máxima de 26°C. Por su parte Narváez (1993b) realizó un estudio sobre calidad de estación y suelo en el área experimental Madera Chihuahua y encontró que *Pinus arizonica* se desarrolla en una temperatura media anual de 9.6 °C, siendo las mínimas de 3.8°C y las máximas de 15.8°C en promedio. López (2001) menciona la temperatura media para *Pinus arizonica* es de 10 °C, en el estado de Chihuahua.

1.5.4 Precipitación.

Pinus arizonica se encuentra en sitios con precipitación mínima de 600 mm, media 800 mm y máximo 1000 mm (Narváez, 1993b; Farjon y Styles, 1997; López *et al.*, 2001). Zepeda *et al.*, (1990) mencionan que esta especie se presenta en regimenes de lluvias con una precipitación media anual de 816 mm, con una mínima extrema de 402 mm y una máxima extrema de 1441 mm. Sin embargo *Pinus arizonica* crece en sitios con una precipitación promedio entre 500 a 600 mm anuales en las montañas de Sonora y Chihuahua, y que aproximadamente el 30 % de esta precipitación cae durante los meses de invierno de diciembre a febrero cuando la nieve y el aguanieve es abundante (Perry, 1991).

1.6 Características y uso de la madera

La madera es blanda, ligera, débil o algo quebradiza de textura fina de color rojo claro o amarillento, de excelente calidad, muy apreciada por tener pocos nudos y produce una gran cantidad de resina; la albura de la madera presenta un color blanco a amarillo muy pálido en la madera temprana y amarillo paja en la tardía; el duramen es castaño rojizo en la madera temprana y rojizo en la tardía. Los anillos de crecimiento perfectamente alineados por una banda oscura de madera tardía y una banda clara de madera temprana, la madera temprana ocupa más de la mitad del total del anillo, la transición de madera temprana a tardía es abrupta. En el Cuadro 2, Hernández (1994) da a conocer las características de la madera en los diferentes años de edad. El peso específico promedio es variable, desde 0.50 g cm^{-3} hasta 0.42 g cm^{-3} ; clasificándola como moderadamente pesada a pesada (Martínez, 1948; Zarzosa, 1950; Pérez y Olvera, 1981; Perry, 1991; Borja y Tamarit, 1997; Arroyo, 2001; García y González, 2003).

Para conocer la permeabilidad de la madera de *Pinus arizonica* se realizó un estudio, en la que se utilizaron 10 probetas de cada especie para cada preservador y método de impregnación, los preservadores empleados fueron sales de Cobre, Cromo, y Arsénico (CCA) tipo C al 25 %, Pentaclorofenol al 5 % y Creosota al 50 % de concentración, los métodos de impregnación aplicados fueron vacío-presión e inmersión en este estudio el contenido de humedad de la madera fue de 9.327 %, con una densidad básica de 0.361 g/cm^3 , por lo que es clasificada como muy ligera (Cuadro 3). Por el método vacío-presión el tratamiento a base de creosota es el mejor y por el método de inmersión total el mejor tratamiento es el de las sales CCA. Esto se debe a que *Pinus arizonica* resulta fácil de impregnar debido a que su densidad es clasificada como muy ligera (Machuca, 2003).

Cuadro 2. Características de la madera juvenil de 18 años ó dentro del rango de 15 a 21 años de edad de *Pinus arizonica* Engelm. (Hernández, 1994).

Características de la madera	Juvenil (valores medios)	Dura (valores medios)
Longitud de traqueidas	2,734.4 μ	4,037.6 μ
Diámetro de traqueidas	37.06 μ	38.96 μ
Diámetro del lumen	25.23 μ	26.16 μ
Grosor de la pared celular	11.87 μ	13.00 μ
Densidad básica	0.379gr/cm ³	0.368gr/cm ³
Porciento de madera tardía	15.63 %	18.20 %
Contracción tangencial	7.77%	8.04%
Contracción radial	3.69%	3.73%
Contracción axial	0.92%	0.40%
Índices de calidad de pulpa de papel	Modelo 4	Modelo 4
Coefficiente de rigidez	0.32	0.35
Coefficiente de flexibilidad	0.68	0.64
Relación de Runkel	0.48 (II grado)	0.73 (III grado)

En Guanacevi-Villa Ocampo, Durango se realizó un estudio con el objetivo de evaluar la calidad y el comportamiento de la madera de *Pinus arizonica* y *Pinus cooperi*, a los diferentes ensayos de maquinado: cepillado, lijado, barrenado, moldurado y torneado. Para esto se colectaron cinco árboles representativos de cada especie, de cada árbol se utilizó la segunda troza, para obtener la probeta de ensayo. Los ensayos del maquinado se llevaron acabo según la norma ASTM D 1666-87. *Pinus arizonica* presentó buenos resultados con ángulos de corte de 20 a 30 grados y excelentes al combinar el ángulo de corte de 20 grados. En cuanto al lijado ambas especies mostraron un comportamiento excelente, aunque la mayoría de las piezas mostraron defectos superficiales en el cepillado. Referente al barrenado ambas especies presentaron resultados a excelentes, el moldurado para *Pinus arizonica* fue regular y para *Pinus cooperi* pobre. Para el torneado ambas especies presentaron el mejor comportamiento a un contenido de humedad de alrededor de 14.0%. Se recomienda realizar otros estudios, probando para el cepillado, con un número mayor de marcas de

cuchillas por cm; para barrenado, diferentes tipos de brocas; y para el moldurado, diferentes velocidades de gira de cabezas y diámetro de fresas (Borja *et al.*, 1995).

Cuadro 3. Absorción, retención, penetración y clasificación de acuerdo a los métodos y preservadores para *Pinus arizonica* Engelm. (Machuca, 2003).

Preservadores / Métodos	Absorción (l/m ³)	Retención (Kg/m ³)	Clasificación	Penetración (mm)	Penetración (%)	Clasificación
1. Sales CCA. Vacío-presión	578.10	14.45	Fácil de impregnar	10.00	100.0	Permeable
2. PCP Vacío- presión	516.50	25.83	Fácil de impregnar	10.00	100.0	Permeable
3. Creosota Vacío-presión	587.60	587.60	Fácil de impregnar	10.00	100.0	Permeable
4. Sales CCA inmersión total	206.83	5.17	Impregnable	2.60	26.0	Resistente
5. PCP inmersión total	126.08	6.33	Impregnable	0.00	0.00	Extremadamente resistente
6. Creosota inmersión total	158.88	158.88	Impregnable	0.00	0.00	Extremadamente resistente

De acuerdo a la determinación y clasificación de las propiedades físico-mecánicas, índices de calidad de pulpa y comportamiento que tiene al maquinado la madera de *Pinus arizonica* puede emplearse como material celulósico para producción de papel para embalaje, libros, sacos y para envoltura de alimentos (madera madura), en construcción, ebanistería, en la fabricación de tablas, muebles, molduras, artículos torneados en la elaboración de postes para línea de transmisión, madera aserrada, cajas para empaque, durmientes de ferrocarril, puntales de minas y con menos frecuencia chapa, triplay y tableros de partículas, en usos locales en utensilios caseros, postes para cerca y leña para combustible. El uso de esta madera es sugerido para la decoración de interiores, clósets, lambrín y duela, para cielos rasos, madera para pirograbar, cuadro para mangos de escoba y lomos para cepillo (Rzedowski, 1978; Pérez y Olvera, 1981; Perry, 1991; Hernández, 1994; Borja *et al.*, 1995 y Borja y Tamarit, 1997).

2 Manejo de vivero

2.1 Propagación

2.1.1 Propagación sexual

El árbol de *Pinus arizonica* alcanza su estado de reproducción o madurez y altura de 28 m a los 15 a 20 años y produce semillas a intervalos de 2 a 3 años, el color del cono maduro es verde con un brillo marrón, la fecha de floración es de mayo, el cono se encuentra maduro en los meses de septiembre a octubre, dispersa la semilla en el mes de octubre. La gravedad específica del cono maduro es de 0.88 a 0.97, (en el líquido de flotación, queroseno). Para su almacenamiento la semilla debe someterse a un secado en el horno por 60 horas con una temperatura de 43 °C, (FAO, 1956; Young y Young, 1992). El cono madura en los meses de octubre a noviembre, dispersa la semilla en los meses de noviembre a diciembre, la edad mínima para la producción de semillas es de 20 años, produce semillas en ciclos de dos o tres años. Para extraer la semilla de los conos se requiere una temperatura de (51.88°C), por 60 horas. La semilla germina a los 20 días satisfactoriamente sin la necesidad de emplear algún tratamiento pregerminativo, con un promedio de 60 a 70 % de capacidad germinativa (Forest Service, 1948).

La época de floración para *Pinus arizonica* se presenta en los meses de marzo y abril en la primavera, dependiendo de la altitud o latitud de la población de árboles (Forest Service, 1948; Patiño, 1973; Farjon y Styles, 1997). La época de colecta de semilla de *Pinus arizonica* en Chihuahua se presenta en los meses de noviembre a diciembre (Patiño *et al.*, 1983); presentando ciclos semilleros de 3 a 4 años (Islas y Mendoza, 1992); sin embargo fuera de su hábitat (Coyoacán, D.F.) la apertura de conos en *Pinus arizonica* se presenta en los meses de octubre a diciembre y dispersa la semilla en diciembre a enero (Patiño, 1973).

En la producción de semillas de *Pinus arizonica* se ha encontrado que el número de semillas llenas por cono ha sido de 33.3, lo que se requiere para obtener un kilogramo de semilla, coleccionar aproximadamente de 778 a 804 conos y si se considera el peso del cono se tendría que coleccionar 41.8 kg de conos maduros (Ortega, 1996; Narváez, 2000); con 45.5 kg de conos se obtienen 0.7 kg de semillas y un gramo contiene 25.1 semillas (Young y Young, 1992); también en 45.360 kg de conos, se obtienen 1.043 kg de semillas limpias, en promedio hay 11000 semillas en 0.4536 kg (Forest Service, 1948).

Aunque el análisis de pureza es variable dependiendo del lugar, tiempo de colecta, a si como de quienes la coleccionan, se han encontrado en análisis de semillas el 85 y el 94.29% de pureza (Forest Service, 1948; Meraz, 1999). Respecto al número de semillas por kilogramo, ha sido muy variable en diferentes trabajos, encontrándose desde 18, 000 hasta 34, 188 semillas; siendo los valores más similares los encontrados de 25,918 y 28 000 semillas por kilogramo (FAO, 1975; Perry, 1991; Ortega, 1996; Meraz, 1999;).

2.1.2 Propagación asexual

Pinus arizonica es una de las especies de mayor importancia en México y en el estado de Chihuahua, por lo que es necesario conocer métodos de propagación vegetativa de esta especie, para producir árboles genéticamente superiores y a si poder establecer huertos semilleros clonales, para obtener semillas de estos árboles y crear plantaciones comerciales (Vázquez y Olivas, 1991). La propagación por injerto en especies forestales, generalmente se han realizado con el objeto de producir plantas con un alto valor genético óptimo para el establecimiento en huertos semilleros, en la que se obtiene semilla útil para el establecimiento de plantaciones forestales (Vázquez, 1991).

Vázquez (1991) realizó una colecta de púas de *Pinus arizonica* en estado de latencia o dormancia en la cuarta semana del mes de marzo de 1988, las púas se cortaron con una longitud aproximada de 10 a 20 cm, sin acículas hasta unos 3 cm. antes de las yemas y las restantes alrededor de la yema se podaron. En la elaboración

de injertos se utilizó cubiertas protectoras como bolsa de polietileno más bolsa de papel, bolsa de polietileno, bolsa de papel, y sin cubierta; se realizaron injertos con el método de fisura terminal, enchapado lateral, inglés y de banco, a los doscientos diez días se realizó una evaluación de sobrevivencia, se observó que al utilizar el método de injerto terminal con la cubierta de bolsa de polietileno más bolsa de papel, presentó la mayor sobrevivencia con 70.03 %, seguido por el injerto lateral con dicho tipo de cubierta con un 40.6 % de sobrevivencia, los cuatro métodos de injerto ensayados presentaron 0 % de sobrevivencia cuando no fueron cubiertos o cuando se cubrieron únicamente con bolsa de papel.

En septiembre del 2002 al reiniciarse el programa de Mejoramiento Genético Forestal en el estado de Chihuahua, se contempló la actividad de propagar vegetativamente las especies de mayor importancia como: *Pinus arizonica*, *P. duranguensis* y *P. engelmannii*. Estas actividades se realizaron con el personal del vivero “La Mesa” a cargo de la región del Ejido el Lagarto y Anexas. El método de injertado consistió básicamente en: a) obtención y transporte de púas, b) preparación de la púa y del patrón, c) utilización del corte de la púa y del patrón, d) unión y amarre del injerto con cinta de plástico y protección con parafina para evitar la pérdida de humedad. Posteriormente los injertos fueron depositados en un lugar acondicionado que supliera las funciones de un invernadero, para su mantenimiento, de cuidado y riego. En cuanto a la preparación de patrones para injerto en el 2002, se contempló la existencia de 800 patrones de las especies de *P. arizonica* y *P. duranguensis* de tres años de edad con altura promedio de 50 cm y se logró injertar 415 individuos por el método de fisura terminal de los comprendidos por púa. En la segunda fase (año 2003) de producción, se realizaron 625 injertos con *P. arizonica* a finales de febrero y primera semana de marzo, utilizando el mismo método pero con fines de propagación y con usos de material para establecer huertos semilleros. Los resultados y logros obtenidos de la primer fase 2002 su obtuvo un 45.7% de prendimiento para *P. arizonica* y *P. duranguensis*. Para la producción de clones en el 2003, de los 625 injertos realizados, se obtuvo 73.4% de éxito logrado, lo que equivale a 458 injertos prendidos de *P. arizonica*. Lo anterior demuestra que el cuidado y el dominio de la técnica utilizada es buena. Por lo que se concluyó que principalmente *P. arizonica* y en segunda alternativa

P. duranguensis son aptas para propagarse vegetativamente por la técnicas de injerto (Ortega y Orta, 2001).

2.2 Producción de planta

En cuanto a la época de siembra de *Pinus arizonica*, cuando se hace en invernadero, la fecha esta definida por la fecha de plantación y cuando se siembra en condiciones no protegidas en el caso del estado de Chihuahua se ha determinado que los mejores meses para realizar la siembra son mayo y junio (Alarcón *et al.*, 1992).

El pretratamiento recomendado para la germinación de *Pinus arizonica* es el de escarificación que consiste en el remojo de la semilla de *Pinus arizonica* en agua oxigenada al 3% por un periodo de 12 horas obteniéndose el 97% de germinación y el tratamiento negativo es sumergir semilla en agua a punto de ebullición (94°C) por 30 segundos, por lo que no germina ni una sola semilla. La semilla de *Pinus arizonica* cuenta con un 78% de germinación potencial sin aplicar tratamiento alguno y con tratamiento alcanza un 97%. La energía germinativa de *P. arizonica* es de 11 a 19 días con profundidades variables entre 0.5 cm a 3.0 cm en condiciones de invernadero; las semillas sembradas a 0.5 cm germinan a los 11 días y las sembradas a 3 cm germinan a los 19 días, sin embargo es recomendable sembrar de 1.0 a 1.5 cm de profundidad bajo condiciones de invernadero con condiciones controladas, no es recomendable utilizar la profundidad de siembra de 0.5 cm, ya que por la poca profundidad, a medida que la plántula va creciendo se va acamando hasta llegar al nivel del suelo y morir (Meraz, 1999).

2.2.1 Tipo de envase

Para la producción de plantas de *Pinus arizonica* en invernadero o en vivero a la intemperie, si se utiliza envase cónico de plástico de baja densidad con capacidad de 100 cm³ con dimensiones de 3 cm de diámetro mayor, 2 cm de diámetro menor y 19 cm de longitud y envase tradicional o bolsa de polietileno de 500 cm³, resulta que el mejor envase es el cónico de baja densidad, ya que requiere menor espacio y volumen de

tierra, así también facilita la extracción de la planta (Villarreal, 1981). También se ha encontrado que resulta más económico utilizar envases de 450 cm³ para la etapa de vivero, por lo que en este envase se presenta buena sobrevivencia, además de que se obtiene un ahorro en la obtención del suelo y en el llenado, ya que se realiza en menor tiempo (Olivas, 1985).

2.2.2 Tipo de sustrato

En cuanto al sustrato la proporción 30% tierra de monte y 70% arena de río favorece la supervivencia y el desarrollo en altura de las plantas de *Pinus arizonica* (Zarzosa, 1975). Por otra parte Meraz (1999) recomienda utilizar en condiciones de invernadero, mezclas de sustrato de arena de río esterilizada y tierra de monte en proporción de 3:1, para así favorecer la micorrización de las plántulas en sus primeras etapas de desarrollo. Así también para evitar cualquier exceso de humedad en el sustrato recomienda aplicar riegos con Captan en dosis de 1.5 gramos por litro de agua cada 10 días en la germinación bajo condiciones de invernadero, y cada tercer día en la germinación de ambiente no controlado, con el fin de evitar la proliferación de hongos (Damping-off). También se recomienda las mezclas de aserrín y perlita en invernadero y a la intemperie la arena de río y tierra de monte en partes iguales (Villarreal, 1981).

2.2.3 Fertilización

Uno de los fertilizantes recomendables para *Pinus arizonica*, *P. durangensis* y *P. engelmannii* en el medio de crecimiento es el OSMOCOTE ® en una dosis de 5 kg/m³ complementado con Humikel Plus en dosis de 25 ml/l, aplicado cada mes en el agua de riego (Alarcón *et al.*, 1992). En un experimento para conocer la relación de los tres elementos esenciales (NPK) en distintas formulas de fertilización y el efecto de en relación al crecimiento de las plantas, se manejaron cinco dosis de fertilización aplicados bajo invernadero; durante 30 semanas se aplicaron cinco rutinas de fertilización a la planta manejada en tres fases de crecimiento. Los contenidos totales de N, P y K adicionales se expresaron como proporciones en las rutinas: Glen-2.3:1:1, Soluble preparado-4:1:1.4, Humigén plus-2.2:1.1:1; Foligén plus-1.2:1.4:1 y Anáhuac-4.8:3.5:1. Al final del estudio se midió la altura y el diámetro d las plantas. La fórmula de

fertilización Anáhuac con la relación N:P:K = 4.8:3.5:1.0, fue la que dio mejores resultados en cuanto a la altura y en el diámetro basal (Cuadro 4 y Figura 1); El contenido de N en las formulas de fertilización mostró el efecto más importante en el crecimiento en altura y diámetro de las plantas de *Pinus arizonica*, (Alarcón y Román, 1997).

Cuadro 4. Altura final de las plantas de *Pinus arizonica* Engelm. en respuesta a cinco distintas porciones de N-P-K aplicadas bajo invernadero, evaluadas al final de 30 semanas (Alarcón y Román, 1997).

Fórmula de fertilización	Relación N:P:K	Altura (mm)
Anáhuac	4.8:3.5:1.0	60.81
Soluble Preparado	4.0:1.0:1.4	60.06
Foligén Plus	1.2:1.4:1.0	59.06
Glen	2.3:1.0:1.0	49.10
Humigén Plus	2.2:1.1:1.0	45.43

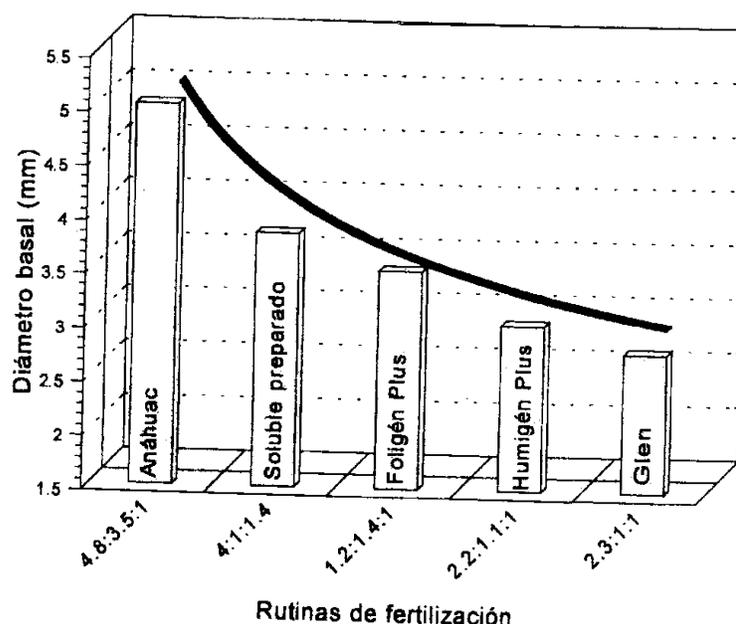


Figura 1. Diámetro basal de *Pinus arizonica* Engelm. en respuesta a cinco distintas proporciones de N-P-K en la fertilización, evaluadas al final de 30 semanas (Alarcón y Román, 1997).

2.2.3 Fecha de trasplante al lugar definitivo

Tomando en cuenta que los crecimientos en altura y raíces que se inician en el mes de abril, en la región noroeste el estado de Chihuahua los trasplantes deben de efectuarse entre los meses de febrero a marzo, cuando haya en el suelo humedad suficiente, ya que en los meses de lluvias invernales se observan los mayores crecimientos en altura de las plantas, con lo que se conseguirá que el brinzal logre todo su crecimiento en su lugar definitivo, y este crecimiento no sea interrumpido al plantarse en el mes de julio, (no en inviernos secos), ya que esta practica aun es común, esta recomendación se aplica para todo el grupo ponderosa en general y no solo para *Pinus arizonica* (Salmón, 1980).

3 Manejo de la plantación

Samano (1995) evaluó sobrevivencia de *Pinus arizonica* bajo los tratamientos de la vegetación en la sierra de Arteaga, los tratamientos fueron manual, químico, manual + químico y con vegetación competidora; en el método manual + químico se obtuvo los mayores incrementos en diámetro y altura y la sobrevivencia fue igual en todos los tratamientos, al menos en los primeros cuatro años del establecimiento de la plantación; resultó que *Pinus arizonica* presentó un crecimiento más rápido y proporcional, a medida que se elimina la vegetación competidora, debido a que esta especie es intolerante a la sombra y a la competencia radicular

Armendáriz y Chacón, (1999) realizaron una caracterización de una plantación de *Pinus arizonica* a los 16 años de establecida y encontraron que las densidades de 2500 árboles por hectárea con surcos e hileras de 2.0 x 2.0 m es considerado como una alta densidad con más de un 100% de copas superpuestas, a consecuencia se presenta una notable reducción del incremento diamétrico.

Se realizó un ensayo de adaptación de especies del género *Pinus* en el ejido San José de Boquillas, Municipio de Santiago, Nuevo León, en la que se utilizaron seis especies; a los dos años y tres meses de haberse plantado se realizó la evaluación y se concluyó que *Pinus halepensis* resultó ser superior (altamente significativo), en cuanto a crecimiento en altura se refiere, a *Pinus cembroides*, *Pinus duranguensis*, *Pinus jeffreyi*, *Pinus arizonica* y *Pinus engelmannii*; sin embargo *Pinus arizonica* y *Pinus engelmannii* mostraron ser superiores (significativamente) a *Pinus cembroides*, *P. duranguensis* y *P. jeffreyi*, en crecimiento en altura. Desde el punto de vista en cuanto a calidad y valor económico del producto a obtener (madera), *Pinus arizonica* y *Pinus engelmannii* son dos especies recomendadas para realizar reforestaciones y plantaciones, ya que cuenta con un buen crecimiento y buena supervivencia (Nájera, 1983).

En cuanto a plagas en plantaciones, el barrenador de brotes *Eucosma sonomana* Kearfott se encuentra en bosques naturales, pero su presencia es mayor en plantaciones de *Pinus arizonica* (Cibrián et al., 1986).

4 Genética

4.1 Variación genética

En un estudio de la variación morfológica en algunas poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engelm. en varias localidades del estado de Coahuila, Nuevo León y en una localidad de Durango. La localidad de Galeana Nuevo León descrita por Martínez (1948) respondió a las características típicas descritas de *Pinus arizonica* var. *stormiae* Martínez, dado que esta población presentó diferencias bien marcadas con el resto de las poblaciones estudiadas, a si también menciona que *Pinus arizonica* Engelm. colectada en Guanaceví, Durango, presentó mayor número de acículas por fascículo, menor longitud de acículas, menor número de conos por verticilo, y menor ancho del cono, se obtuvieron correlaciones en las acículas y la altitud, a mayor altitud encontró mayor número de acículas por fascículo, a mayor número de acículas menor ancho de las mismas, a mayor ancho de la acícula hay un mayor número de estomas en las tres caras de la acícula, dado a estas variaciones morfológicas encontradas menciona que es muy probable que el clima y la fisiografía sean los principales responsables que actúan sobre la morfología de las poblaciones (Rodríguez, 1996 y Rodríguez y Capó, 2005).

Se realizó un estudio sobre patrón de variación genética en *Pinus ponderosa*, *P. arizonica* y *P. engelmannii*, en Arizona y Nuevo México y en el Sur de los estados de Colorado y UTA. Se colectó semillas de diez árboles de cada una de las 97 poblaciones (95 de *P. ponderosa* y una de cada una de las otras especies). Las semillas fueron sembradas en contenedores (65 cm³) y las plántulas crecidas después de los seis meses en contenedores plásticos (740 cm³) en una sombra de casa en Moscow Idaho, hasta los cuatro años en tres sitios distintos. Se midió una variedad de caracteres, como altura, diámetro, y mortalidad en cada año, las fechas de comienzo y terminación del crecimiento, el largo y ancho de las hojas y el color del tallo. Posteriormente se realizó un análisis de varianza y se observó diferenciación significativa entre poblaciones para 27 de los 28 caracteres analizados. Para los diez caracteres, existieron diferencias entre poblaciones que representaron más del 40% de la variación total (72% para un carácter). Las regresiones demostraron una relación

significativa entre varios de estos caracteres y variables ambientales, como latitud, longitud y altitud de los sitios de donde se colectó la semilla. Estas relaciones sugieren que la selección tiene un papel muy importante en determinar los patrones de variación genética de *P. ponderosa* en la región. También se encontró evidencia para introgresión entre *P. ponderosa* y *P. arizonica* en una población (Rehfeldt, 1993).

Se realizó un estudio en zonas de transición entre poblaciones de *Pinus ponderosa* y *P. arizonica*, poblaciones localizadas en el Sureste de Arizona y Nuevo México. Se analizó el número de agujas por fascículo; *P. ponderosa* presentó tres y *P. arizonica* cinco, se examinó la distribución espacial para conocer las características del número de agujas, para ello se formaron transeptos en la zona de transición. Se obtuvo como resultado que la distribución espacial que se encuentra en medio de la zona de transición presenta hibridación e introgresión con características de las dos especies, ya que los árboles de las dos especies presentaron de tres, cuatro y cinco agujas. También se realizó un estudio de distribución espacial de genotipos de aloenzima, se examinó el polimorfismo que existe en una zona de contacto entre *P. ponderosa*, y *P. arizonica*. Se comprobó de que *P. ponderosa* y *P. arizonica* no se han cruzado lo suficiente como para que exista una mutación y pueda causar una diferencia en el genotipo de aloenzima. Se considera que es poco tiempo para que exista una nueva hibridación para estas especies. Ya que este estudio se realizó en una zona de contacto y aun así no se encontró mutación alguna y si la especie de *P. Ponderosa* dio paso a una nueva hibridación, en este tiempo se considera muy poco como para que exista otra cruce o mutación (Epperson *et al.*, 2001 y Epperson *et al.*, 2003).

4.2 Conservación y mejoramiento genético de *Pinus arizonca* Engelm.

4.2.1 Áreas y rodales semilleros

Pinus arizonica, a si como también *Pinus duranguensis* y *P. engelmannii* están considerados en el Programa de Mejoramiento Genético de los Bosques del Estado de Chihuahua, iniciado en marzo de 1987, pretende rescatar la calidad genética perdida y

devolverla a los bosques del futuro, reducir los turnos comerciales y abastecer de semilla certificada a los programas de reforestación del Estado. El programa esta dentro de la estrategia acorto plazo con los rodales y áreas semilleras, para conseguir semilla de una manera mas rápida y a largo plazo el establecimiento de los huertos semilleros a partir de árboles selectos contando con 305 árboles de *P. arizonica*, Por lo que se estableció 1 rodal semillero y 10 áreas semilleras de *P. arizonica*. Las áreas semilleras establecidas tienen una superficie total de 113.4 hectáreas (ha), de las cuales 20.07 ha son de la zona central y 93.33 de la faja de protección y los rodales semilleros tienen un total de 1.44 ha (Cuadro 5). Se concluyó de que la especie de *Pinus arizonica* tiene mayor prioridad para el establecimientote zonas semilleras dentro del estado de Chihuahua. La forma de los rodales y las áreas no necesariamente fueron rectangulares o cuadradas, sino irregulares en base a un sistema de cuadrícula. Las áreas semilleras tuvieron una zona de protección que rodea la zona central en forma de franja de 100 m con el propósito de proteger o disminuir la contaminación del polen foráneo o indeseable. En el caso de los rodales semilleros no se desarrolló una franja de protección. Las áreas y rodales semilleros establecidos en los bosques del Estado de Chihuahua son una fuente de semilla inmediata con una calidad de germoplasma modesta que apoya a los programas de reforestación. Las áreas y rodales semilleros establecidos son áreas de conservación genética de germoplasma muy importantes, que servirán para devolver la calidad genética perdida en los bosques de Chihuahua por sus aprovechamientos maderables históricos (Flores, 1999).

En el estado de Chihuahua, se realizó un diagnóstico de áreas y rodales semilleros, y árboles superiores, con el propósito de uniformizar y cotejar en campo la existencia de la información recabada, para localizar geográficamente su posición, su situación y condiciones en que se encuentra cada una de las zonas productoras de semilla forestal de buena calidad genética establecida en el estado. Las especies mas importantes que se determinaron en las áreas semilleras y rodales semilleros en la región boscosa del estado, se enfocan básicamente a *Pinus arizonica*, *P. duranguensis*, y *P.*

Cuadro 5. Características de áreas semilleras y rodal semillero de *Pinus arizonica* Engelm. establecidas en el estado de Chihuahua, México (Flores, 1999).

No.	Especie	Propiedad	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)	Altitud (m.s.n.m.)	Superficie (ha)		Densidad promedio	Edad
						Zona Central	Total	área central No. árboles/ha	promedio (años)
Áreas semilleras									
1	<i>P. arizonica</i>	Col. Nicolás Bravo	29°28'00"	108°08'00"	2450	3.00	14.00	51	60
2	<i>P. arizonica</i>	Ej. Madera	29°13'10"	108°12'35"	2400	2.00	12.00	50	75
3	<i>P. arizonica</i>	Ej. Huevachi	28°07'00"	107°56'20"	2800	1.50	11.00	71	53
4	<i>P. arizonica</i>	Ej. Campo y Cerro Pelón	28°13'13"	108°20'00"	2520	1.31	7.44	82	74
5	<i>P. arizonica</i>	Ej. El Ranchito	27°58'30"	107°47'53"	2375	2.75	11.88	52	82
6	<i>P. arizonica</i>	P. P. El Porvenir	26°44'31"	107°15'05"	2490	1.69	8.94	93	77
7	<i>P. arizonica</i>	Ej. El Pinito	26°04'00"	106°58'00"	2600	3.00	14.00	59	71
8	<i>P. arizonica</i>	Ej. Chinatú (Las truchas)	26°04'00"	106°33'13"	2720	1.50	9.63	67	85
9	<i>P. arizonica</i>	Ej. El Caldillo y su anexo El Vergel	26°27'55"	106°26'55"	2660	1.88	15.76	74	103
10	<i>P. arizonica</i>	Ej. Chinatú (La onza)	25°57'06"	106°43'09"	2630	1.44	8.75	90	97
Rodal semillero									
1	<i>P. arizonica</i>	Ej. El Caldillo y su anexo El Vergel	26°28'28"	106°26'00"	2640		1.44	160	132

Col.= Colonia; Ej.= Ejido; Com.= Comunidad; P. P.= Predio Particular.

engelmannii, la especie más abundante (38.46%) corresponde a *P. arizonica*, *P. duranguensis* (30.77%) y *P. engelmannii* (26.92%). En general se visitaron 26 áreas semilleras, 8 rodales semilleros y 113 árboles superiores y árboles de buena calidad. El estudio representó el 92.86% de las 28 áreas semilleras existentes, el 53.33% de los 15 rodales semilleros y el 15.65% de los 722 árboles superiores seleccionados y existentes en las diferentes asociaciones de productores forestales del estado. Existe un descontrol en las actividades de recolección de semilla ya que no se tiene un programa bien definido en estas actividades, ni se tiene un registro de las épocas de colecta de cada uno. No cuentan con un plan de manejo silvícola definido, no existe un control en el manejo y distribución de las especies o zonas específicas en los programas de reforestación. Existe un desconocimiento en cuanto al número total de fuentes productoras de semilla forestal en el estado. En la mayoría de las áreas semilleras, rodales semilleros y árboles superiores, no se cuenta con información dasométrica y no existe personal capacitado para efectuar actividades de recolección de semilla. Con relación a siniestros presentados, son mínimos, solamente el 11.54% de las 26 áreas semilleras localizadas han sufrido impactos destructivos por incendios forestales, lo que ha ocasionado pérdidas o daños mínimos al arbolado de buena calidad. Dado a estas condiciones se recomienda establecer un programa normativo que controle la recolección y manejo de semilla forestal. Desarrollar e iniciar un programa de restauración, manejo silvícola y mantenimiento de las fuentes productoras de semilla. Contemplar y diseñar el establecimiento de un banco de germoplasma forestal. Programar cursos de capacitación sobre manejo y recolección de semilla. Localizar todas las fuentes productoras de semilla en el estado (Ortega y Orta, 2001).

Respecto a estudios en áreas semilleras en la región de Madera, Chihuahua, se llevó a cabo una evaluación sobre la mortalidad de conos y semillas de *Pinus arizonica*, para este estudio se seleccionaron 10 árboles al azar y se etiquetaron 1000 conillos para su evaluación mediante la construcción de una tabla de vida de edad específica u horizontal, en la que se registro sistemáticamente para el número de conillos muertos, los que sobrevivieron y los factores de mortalidad para cada uno de los estados de desarrollo del cono. De los 1000 conillos etiquetados solo el 40% llegó a la cosecha final, la mayor mortalidad (50.4%) se presentó en las etapas iniciales de su desarrollo, parte de esta pérdida (24%) fue ocasionado por la palomilla *Dioryctria rossi* Munroe, este periodo es considerado como el periodo más

peligroso en el ciclo de vida de los conos. Las pérdidas de los conos para el segundo año (9.6%), que se debió principalmente a la acción de *Dioryctria rossi* Munroe. En la segunda etapa se estimaron las pérdidas de conos sobrevivientes, mediante la técnica de “análisis del cono”, para lo cual se tomaron 10 conos por árbol (un total de 100 conos). Del análisis de conos que llegaron a la etapa final de su madurez, se determinó que su tamaño medio es de 5.9 cm, presentó un promedio de 44 escamas fértiles que arrojan un potencial de 88 semillas por cono; de las cuales el 44% son óvulos o semillas abortados, siendo el 27.5% del primer año y 16.5% del segundo año. El 8.2% fue dañado por la avispa *Megastigmus sp*; por lo tanto solamente existe un 47.85 de semillas potencialmente viables. La eficiencia de producción de semilla de *Pinus arizonica* (40% x 47.8%) es de 19.1% que es un indicador de pérdida excesiva de semilla, por lo que se recomienda implementar medidas de corrección pertinentes para aumentar la producción (Narváez, 1993a).

También se realizó un estudio de variación de la altura en plántulas de *Pinus arizonica*, de semilla obtenida en una área semillera, El Porvenir, Mpio. de Guachochi, Chih. con el objetivo de definir la variación entre la altura de las plántulas y dentro de las familias de las partes componentes de un área semillera, para recolectar semilla de buena calidad. La semilla utilizada se colectó de la zona central, en la franja de protección y fuera del área semillera, el estudio se realizó bajo el invernadero donde la temperatura mínima fluctuó entre 11.9 y 13.0°C, una máxima de 34.7 y 37.7°C y la ambiental entre los 14.5 y 16.4°C. El estudio se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con tres tratamientos (1. zona central, = Sitio 1, 2. Franja de protección Sitio 2 y 3, fuera del área semillera = sitio 3) con cinco repeticiones. La siembra se realizó de forma directa colocando dos semillas en cada envase cónico de 150 cm³ llenados con sustratos compuestos por tierra de monte, Peat Moss y arena de río en proporciones de 60, 30 y 10%. Las variables de altura del hipocótilo y altura de la plántula se midieron a los 29 días de haber iniciado la germinación. Los resultados mostraron que la especie presenta una reducción de su variación en la altura desde la parte de afuera hacia adentro del área semillera, lo que hace que la altura de la plántula se comporte más regular, esto debido a que en la zona central se encuentran los mejores individuos (Ortega, 1998).

4.2.2 Árboles seleccionados

La selección de árboles superiores de *Pinus arizonica* en el estado de Chihuahua, como paso preliminar en el desarrollo de huertos semilleros y estrategia a largo plazo en el Programa de Mejoramiento Genético. Se aplicó la selección de árboles testigo cuando se trataba de rodales coetáneos y puros, pero cuando los rodales eran incoetáneos se aplicó la selección individual. En la comparación de árboles testigo el candidato fue selecto si éste excedía en un puntaje arbitrario en la comparación con los testigos. En la selección individual el candidato fue seleccionado si excedió a la curva promedio de índice de sitio característica de la zona, como resultado de la relación entre la altura dominante y la edad del árbol. La evaluación del crecimiento en altura y diámetro, la ausencia de plagas o enfermedades, así como la producción de semilla, fueron características prioritarias en la selección de árboles superiores. El criterio en la evaluación de la rectitud del fuste, poda natural y características de la copa, es subjetivo ya que se define en base a la experiencia preliminar sobre la variación fenotípica de la especie. La distancia mínima dejada entre árboles selectos fue de 100 m, después de haber localizado y decidido evaluar el árbol, se seleccionaron cinco árboles para comparación. Como ejemplo, se presenta en la Figura 2 un formato de selección de un árbol superior de *Pinus arizonica* con clave A502. Los puntajes de las características en este sistema de evaluación se distribuyen como sigue:

Altura: la superioridad en este rubro se dió cuando la altura del candidato superó a la del promedio de los testigos en un 5%, también se consideraron 3 rangos de edad, 30 años y menores, entre 31 y 50 años y de 51 años en adelante. A cada 3 puntos de porcentaje después del 5% se incrementó el puntaje siendo un punto superior el rango de 31 a 50 años y dos puntos superior de 51 años en adelante comparados con 30 años y menores. El árbol candidato sobresalió el 13.3% y como tiene una edad de 90 años (mayor de 50 años) le corresponden 5 puntos.

Volumen: se otorgó un punto al candidato por cada 10% que excedió al volumen promedio de los testigos. El candidato, utilizado como ejemplo, excedió un 62% el volumen por lo tanto recibe 6.2 puntos.

Copa: se evaluó subjetivamente comparando el candidato con el testigo, considerando la conformación, densidad del follaje, dominancia, radio y longitud. Los puntos fueron de cero puntos para copas muy malas hasta 5 puntos para las mejores. El puntaje para el ejemplo fue de 3.8.

Rectitud del fuste: se evaluó sólo el candidato, sin considerar los testigos. Se calificó desde 0 para fustes torcidos, curvados o pandos hasta 5 puntos para fustes rectos. La calificación del árbol candidato fue de 3.8.

Poda natural: se comparó visualmente al candidato con los testigos, considerando tanto ramas vivas como muertas. El promedio de calificación de los testigos vale cero y se otorgaron de 1 a 3 puntos por la superioridad del candidato. En el ejemplo el árbol candidato tuvo 1.8 puntos de superioridad.

Ajuste de edad: en este caso si el candidato fue más joven que el promedio de los testigos, recibe un punto por cada año, menos dos. Si la edad del candidato superó con tres años o más la del promedio de los testigos recibe un punto negativo por cada año más tres.

En el ejemplo, el árbol tiene como ajuste de edad un valor de 0, ya que tenía 90 años y el promedio de los testigos fue de 88 años, entonces el candidato es dos años más viejo. Al final se suman las características genotípicas del candidato, (9.8 puntos), y el puntaje obtenido en la comparación de árboles testigos en altura (5.0 puntos) y en volumen (6.2 puntos), sumando un total de (21.0 puntos), para seleccionar el árbol superior se tomo el puntaje total, siendo variable el puntaje elegido como frecuencia, la decisión se tomo de acuerdo a la calidad del rodal; sin embargo se buscaron árboles candidatos que tuvieran al menos una suma de cinco puntos. La selección de árboles superiores debe obedecer a un Programa de Mejoramiento Genético, para evitar pérdidas económicas ya que se tendrá mayor producción maderable. El método de selección individual es más práctico y económico, pero se requiere de una ecuación de regresión base de índice de sitio para cada localidad, que definirá la selección o el rechazo del árbol candidato. En la Figura 3 se

muestra la curva de regresión y los valores sobre los árboles superiores seleccionados en esa localidad (Flores, 2001).

FORMATO PARA SELECCIONAR ÁRBOLES SUPERIORES

I. Datos generales

Especie Pinus arizonica Número de árbol A502

Estado Chihuahua Municipio Bocoyna Propiedad Comunidad El Yeposo

Altitud 2480 msnm Latitud 27° 51' 13" N Longitud 107° 50' 46" W

Seleccionador Celestino Flores López y Knud E. Clausen Fecha 22 de abril de 1989

II. Caracteres del árbol candidato

1. Altura (m) 23

2. d.a.p. (cm) 48

3. Volumen (m³) 2.209

4. Copa 4.2

5. Rectitud del fuste 3.8

6. Poda natural 1.8

7. Ajuste por edad 0

*Suma de puntaje de
4 a 7 9.8

III. Mediciones de los mejores 5 árboles dominantes testigos

Testigos	Altura	d.a.p.	Volumen	Edad
1	20.0	42.0	1.492	91
2	19.5	42.5	1.485	83
3	19.0	41.0	1.352	86
4	21.0	33.5	1.039	89
5	22.0	39.0	1.440	91
Total	101.5	198.0	6.808	440
Promedio	20.3	39.6	1.362	88

III. Comparación de puntajes:

Carácter	Candidato	Testigo	Puntaje de candidato
Altura	23.0	20.3	5.0
Volumen	2.209	1.362	6.2
*Suma de puntaje			9.8
Puntaje total			21.0

IV. Mapa de ubicación del árbol candidato

Figura 2. Formato para seleccionar árboles superiores de *Pinus arizonica* Engelm. en la propiedad el Yeposo, Bocoyna, Chihuahua (Flores, 2001).

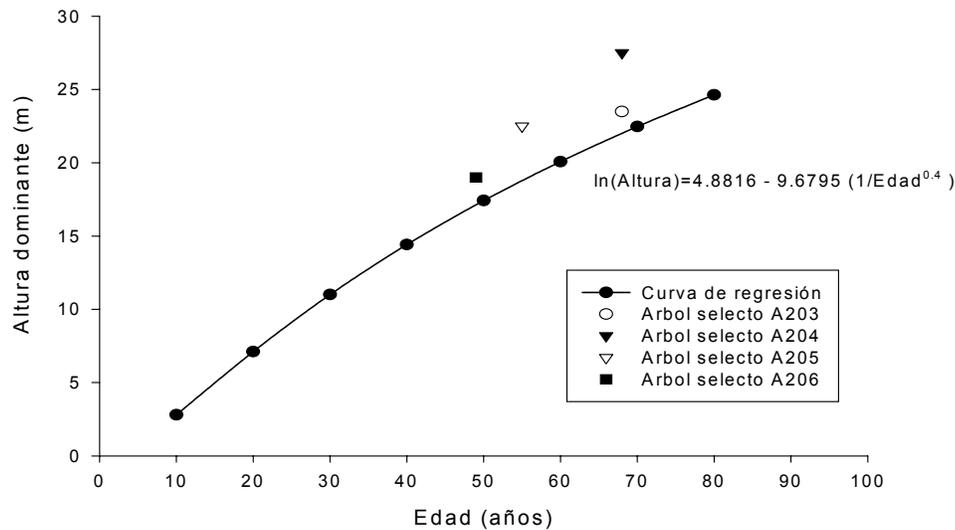


Figura 3. Curva de regresión promedio de índice de sitio para *Pinus arizonica* Engelm. en el ejido Madera, Chihuahua (Área Experimental Forestal) y árboles superiores seleccionados en los parajes “El Cuatro” y “Altos del Tres”, ejido Madera (Flores, 2001).

En los municipios de Madera, Tenosachic, Ocampo, Guazapares, Uruachi, Bocoyna, Guachochi, Guadalupe y Calvo, Chih. se estimó la variación fenotípica, el diferencial y la intensidad de selección en árboles selectos de *Pinus arizonica*. El número de árboles selectos fue de 200. La selección de árboles se concentró en edades de 50 a 90 años, en la categoría diamétricas de 35 cm y en altura de 20 a 30 m, para esta selección se utilizó el formato para seleccionar árboles superiores del Centro de Genética Forestal A.C. Figura 2 y se utilizó el programa SAS. Como resultado se obtuvo una calificación fenotípica que varió de 0.10 a 53.30 puntos, las variables de crecimiento altura, diámetro, y volumen presentaron altas correlaciones fenotípicas positivas entre ellas. La variación de forma la copa presentó correlación negativa con el diámetro (-0.14), la rectitud con la edad (-0.16), y por el contrario la poda mostró asociación con las variables de crecimiento y la edad. Las variables que mostraron mayor variación fueron el volumen y la rectitud del fuste. Se seleccionaron 20 mejores árboles de la población, la media de estos 20 árboles excede en una desviación estándar a la media de la población original (Santiago, 2004).

4.2.3 Hibridación

La composición de terpenina proporciona información valiosa para la determinación de hibridación entre las especies, la información obtenida de la composición de los monoterpenos ha desempeñado un papel complementario a los caracteres taxonómicos ya que solo se ha utilizado para tratar de resolver algunos problemas relacionados con la relimitación de especies en grupos muy cercanos o en complejos de especies polimórficas en este estudio se detectó que *Pinus arizonica* tiene afinidad con *Pinus ponderosa*, por lo que *Pinus ponderosa* se puede cruzar naturalmente con especies del mismo grupo taxonómico a sí como también con la especie de otro grupo complejo como *Pinus jeffreyi*, *Pinus washoensis*, *Pinus engelmannii* y *Pinus arizonica* (Mirov, 1961 y 1967).

Una población en el municipio de San Dimas, Durango, podría representar un híbrido entre *Pinus arizonica* y *P. cooperi*, con 4 a 5 hojas más delgadas y pálidas que las de *P. cooperi*, pero de aspecto intermedio entre ambas especies, a sí también como una variante con conos muy pequeños en el municipio de Tepehuanes, Durango, podría representar una variedad no descrita de *P. arizonica* o un híbrido con *P. teocote*. Así también *Pinus arizonica* está emparentada con *Pinus duranguensis*, en sitios donde ambas especies crecen juntas, *Pinus arizonica* se distingue por el número de acículas, estas son más cortas que las de *Pinus duranguensis* (García y Gonzáles 2003). Farjon y Styles, (1997) comentan que *Pinus arizonica* tiene estrecha relación con *P. ponderosa*, *P. engelmannii* y *P. jeffreyi*.

Actualmente la organización Mondi Business Paper en el sur de África continúa realizando cruces híbridas de pino, con las especies del norte de México que presentan buen crecimiento, como es el *Pinus cooperi*, *P. engelmannii* y *P. arizonica* (CAMCORE, 2004).

5 Silvicultura

5.1 Estructura y competencia en poblaciones

En la Sierra de Álvarez localizada al sureste de San Luis Potosí, la población de *Pinus arizonica* esta asociada con *Pinus montezumae*, en su mayoría en sitios muy húmedos, cañadas y arroyos, donde el microambiente le es más favorable, aparte de que su repoblación es mínima, y la de *P. montezumae* es mas abundante en estos sitios y fuera de estos, por lo que tiende a invadir el espacio de *P. arizonica*, además de que esta especie se ha explotado irracionalmente (Figura 4), (Flores, 2003).

En la Sierra Madre Occidental, en los municipios de Bocoyna y Guachochi, Chihuahua la especie dominante en el área estudiada es *Pinus arizonica*, asociada a *P. duranguensis* y a *Quercus spp*; En los resultados destaca el diámetro normal a 1.30 m que alcanza los valores mas altos en cuanto a la desviación estándar, mostrando una alta variabilidad dentro del rodal, comportamiento que se puede considerar como normal. En relación con las variables estadísticas encontradas en las condiciones de crecimiento, muestran que existe una variabilidad interestructural tanto en su forma vertical como horizontal. La estructura del rodal es homogénea en sus dimensiones (diámetro normal, y altura total). En el campo se observó una adecuada distribución espacial del arbolado, la cual sin duda esta asociada al manejo de la densidad que se aplicó en el rodal hace 10 años. Una de las estructuras mejores balanceadas son las que se le han aplicado manejo de densidad, en cuanto al área basal y a existencias volumétricas, la estructura más rica es la que fue tratada con un preclareo 10 años, previo a la evaluación. Por lo que se concluyó que la estructura arbórea se encuentra ligada al grado de densidad que ocupa el rodal y su distribución espacial, a la etapa de desarrollo silvícola y a la calidad del sitio (Chacón y Cano, 1998).

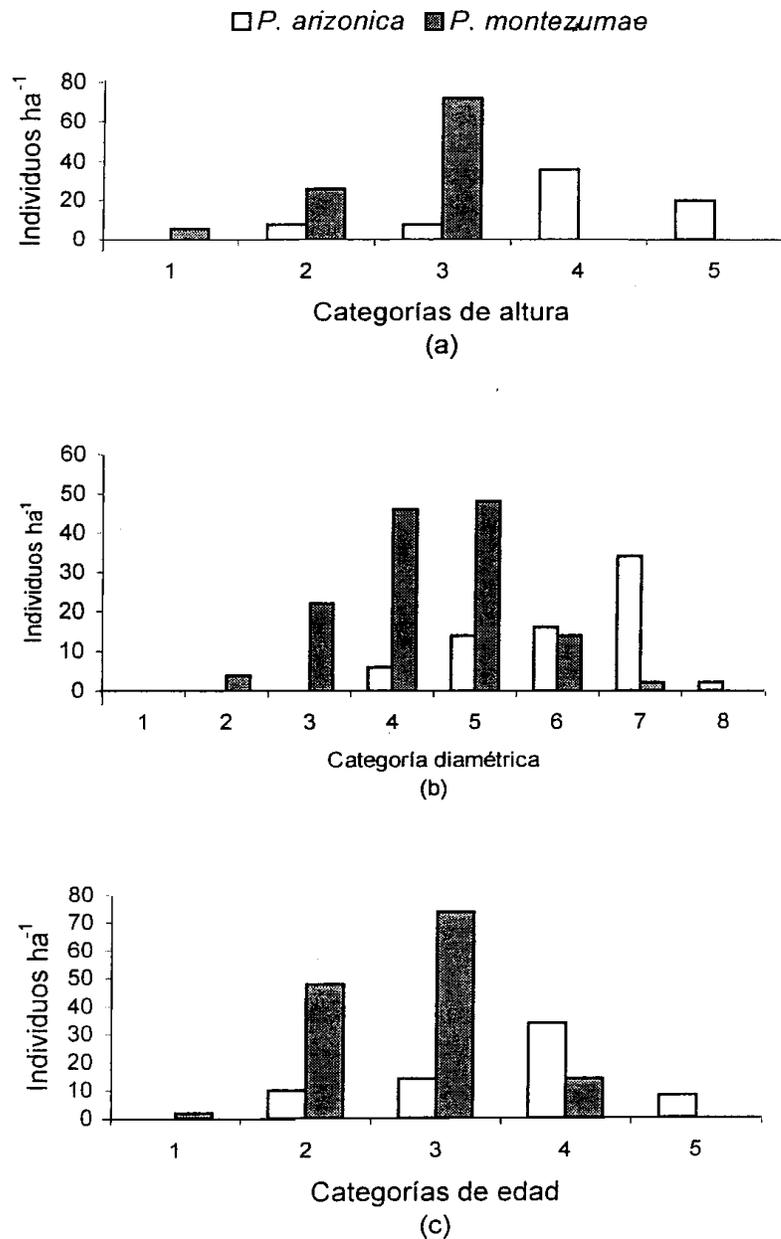


Figura 4. Asociación de *Pinus arizonica* Engelm. y *P. montezumae* Lamb. en la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí. Estructura de altura(a), diámetro normal a 1.30 m (b), y edad (c) (Flores, 2003).

5.1.2 Dinámica del ecosistema

En el Sureste de Estados Unidos de América, en un rodal de *Pinus arizonica* se realizó un estudio sobre los factores locales y regionales en un bosque sujeto al fuego en la que se concluye que los modelos a gran escala del clima influyen sobre la disponibilidad de humedad, en la ocurrencia del fuego, y en la demografía del árbol. La

disponibilidad de la humedad tuvo un efecto positivo prominente en el crecimiento radial, pero en el efecto del fuego era neutral. En lugares donde existe poca evidencia del fuego existe una estructura normal o de dos picos (edades), y donde se presenta el fuego constantemente existen más pisos o estratos. La ubicación geográfica como los cañones son condiciones favorables para los fuegos intensos. Existe una correlación fuerte entre la estructura de la edad de *Pinus arizonica* y la ocurrencia de fuego. El fuego causa una gran mortandad, pero al mismo tiempo favorece a la regeneración, sobre todo en los rodales con arbolado de mayor edad, así también es el responsable directo de las diferentes estructuras de edad, a demás se observo que la severidad de la sequía es ampliamente responsable de la variación en el crecimiento radial (Barton et al., 2001). Por otro lado Islas y Mendoza, (1992) mencionan que una de las principales causas de muerte natural de *Pinus arizonica* son enfermedades, insectos y fuego.

5.2. Regeneración

Pinus arizonica soporta condiciones de sequía y poca disponibilidad de nutrientes gracias a su extenso sistema radicular y que presenta resistencia al fuego, que le permite permanecer en áreas que de otra forma estarían ocupadas por especies más tolerantes a la sombra, esta especie germina mejor bajo condiciones de sombra parcial, pero en estas condiciones su crecimiento y supervivencia se ven seriamente reducidos y que es recomendable remover el dosel superior en un corto periodo de tiempo (Islas y Mendoza, 1992).

En el tratamiento de corta de regeneración de árboles padres se ha recomendado de 16 a 20 árboles padres por hectárea, para obtener una buena sobrevivencia y crecimiento de la regeneración, esto se debe a que las plántulas requieren de cierta protección de los árboles padres dado a que a la edad de seis meses la mayor mortalidad se presenta en bajas coberturas de árboles padres y a la edad de 36 meses en adelante la mayor mortalidad se presenta en donde existe mayor cobertura de copa de los árboles padres, la dinámica del crecimiento se ve afectada por el grado de cobertura, por lo que la especie demuestra su intolerante a la sombra (Chacón, 1983 y Chávez, 1996).

Se realizó un estudio en un rodal natural de *Pinus arizonica*, ubicado en los bosques de la unidad de conservación y desarrollo forestal “El Largo – Madera”, Edo. de Chihuahua. En la evaluación de la regeneración en altura se consideraron cinco coberturas aéreas como tratamientos (área de copa de los árboles padres). La evaluación de sobrevivencia se realizó bajo las edades de 6, 12, 18, 36 y 144 meses, practicando un análisis de varianza, tanto para altura, como para sobrevivencia bajo un diseño experimental, bloques al azar. El crecimiento de altura con plantas de 114 semanas de edad dio mejores resultados bajo una menor cobertura aérea y la regeneración dio mejores resultados en los tratamientos con mayor cobertura aérea a la edad de 6 y 12 de edad, de acuerdo a estos resultados se concluye que el crecimiento de la regeneración de *P. arizonica* no se ve afectado por el grado de cobertura en sus primeras etapas de crecimiento; sin embargo, a medida que su desarrollo se incrementa el efecto de la cobertura de copa se deja sentir, provocando una inhibición en su crecimiento óptimo. La cobertura aérea debe mantenerse durante la etapa de post-germinación, para proteger a las plántulas del semillero de los cambios ambientales, y de esta manera mantener la sobrevivencia y a si asegurar el establecimiento de la regeneración (Chacón y Velásquez ,1993).

El establecimiento de la regeneración de *Pinus arizonica* se beneficia por condiciones soleadas, con pendientes menores al 15 %, siendo las condiciones favorables la exposición sur; siendo considera como especie intolerante a la sombra y a la competencia radicular (Johnston, 1943; Islas y Mendoza, 1989; Samano, 1995).

Pinus arizonica tiene gran capacidad de respuestas favorables a las cortas de regeneración mediante el tratamiento de árboles padres, por lo que recomienda aplicar aclareos en su área de distribución, dirigida principalmente a los estratos, superior y medio (González, 1988). Por otra parte Castillo (2003) menciona que *Pinus arizonica* y *Pinus montezumae* se encuentran desplazando la vegetación de *Quercus* en la Sierra de Álvarez, cordillera montañosa localizada al Sudeste de San Luis Potosí.

5.2.1 Modelo de regeneración y mortalidad

El modelo de regeneración y mortalidad fue creado en el Ejido Retiro y Gumeachi, municipio de Bocoyna, Chihuahua, en rodales naturales que han estado bajo aprovechamiento maderable; este modelo estima la superficie en la cual se puede localizar al menos un brinzal contable durante los años 5 a 8 después de creada la condición que propicia el establecimiento de los brinzales. Para la elaboración del modelo se utilizaron las variables, el cuadrado del área basal y la pendiente del sitio, ya que dieron los mejores ajustes individuales por lo que el modelo inicial se formó con ellas. A si también se introdujeron la variable tangente de la pendiente por el coseno del azimut y microtopografía del sitio, de tal forma que el modelo final presentó un $R^2 = 0.73$ y una significancia en la prueba de $F < 0.0001$ y se presentó como:

Distancia R = $-0.047007 + 0.01511 AB^2 + 0.227216$ pendiente + $8.67727 \tan$ pendiente (coseno azimut) + 3.175519 microtopografía

donde:

distancia R = distancia del brinzal más cercano (m).

AB = área basal del arbolado adulto m^2 / ha

pendiente = pendiente del sitio %

tan = tangente

Azimut = azimut

microtopografía = microtopografía del sitio

Los resultados que se obtuvieron con el modelo indican que *Pinus arizonica* no tiene grandes problemas para su regeneración, también indican que no es recomendable la aplicación de tratamientos de regeneración severos, sino que una silvicultura de tipo incoetáneo sería preferible, la orientación de la pendiente provoca diferentes condiciones de sitio, además muestra que las exposiciones sur son más favorables para el establecimiento de la regeneración del *Pinus arizonica*, lo que indica que es una especie que prefiere condiciones soleadas para su establecimiento y cuando la microtopografía del terreno es irregular, las densidades de regeneración son bajas aun para condiciones favorables en otros sitios (Islas, 1987).

Con respecto al modelo de mortalidad de la regeneración para *Pinus arizonica* se realizó utilizando la metodología del individuo mas cercano, que consiste en ubicar un

punto al azar y medir la distancia del individuo muerto mas cercano, en la elaboración del modelo si incluyo la variable área basal del rodal, la pendiente del sitio y el área basal acumulativa, en la que se obtuvo el siguiente modelo que presentó un $R^2 = 0.58$ con una significancia de $F < 0.0001$.

$$\text{Ln (Disarmu)} = \text{Ln } 1.300614 + 0.921982 \text{ Ln (Diamuer)} - 0.031269 \text{ AB} - 0.00270162 \text{ ABAC} - 0.010963 \text{ pendiente}$$

Donde:

Disarmu = distancia al árbol muerto más cercano (m)

Diamuer = diámetro normal del árbol muerto (cm)

AB = área basal del rodal (m^2 / ha)

ABAC = área basal acumulativa que tuvo el árbol muerto (m^2 / ha)

pendiente = pendiente del sitio (%)

Ln = logaritmo natural.

Mediante este modelo de mortalidad se puede observar que la mortalidad disminuye a medida que aumenta el diámetro de los árboles ya que entre más grandes son, su posición en general con respecto a la competencia por nutrientes agua y luz es mas favorable, a si también a mayores valores del área basal la mortalidad aumenta por lo que hay mas individuos compitiendo por factores que son limitados, los árboles dominantes tienen menor mortalidad que los intermedios y estos menor que los suprimidos (Islas y Mendoza, 1989).

5.3 Guía de densidad

En la propiedad privada la Laja y en los Ejidos Talayotes y Baburiachi, Municipio de Boboyna Chihuahua se realizó una guía de densidad para *Pinus arizonica*. En la construcción de la guía de densidad, se utilizaron los modelos matemáticos, que determinan y caracterizan la densidad de los rodales, como son: el índice de densidad del Rodal de Reineke (IDRR), Relación Área Árbol (RAA) y el Factor de Competencia de Copa (FCC), se ubicaron 250 unidades de muestreo de diversas dimensiones; con estos índices se definió el límite de densidad máxima (nivel "A", para el factor de competencia copas, se requirió información de arbolado libre de competencia copas (171 árboles aislados) con la cual se definió el nivel de suficiencia de densidad mínima

aceptable, se utilizó información de incrementos diamétricos, para lo cual se requirieron valores de tiempo de paso (t_p) en campo.

Las ecuaciones obtenidas para construir la guía de densidad fueron:

a) Índice de Densidad del rodal de Reineke (IDRR)

$$\text{Log}(N) = 5.23119 - 1.56553 \text{Log}(Dq) \\ \text{Ab/ha} = 0.785398163 d^2 N$$

donde: N = número de árboles por hectárea, ab/ha = área basal por hectárea, Dq = diámetro cuadrático promedio, constante = 0.785398163, d^2 = diámetro normal al cuadrado, Log = logaritmo base 10.

b) Relación área árbol (RAA)

$$\text{R.A.A.} = 1/A (0.018825727 \sum d + 1.119025^{-3} \sum d^2) \\ N = 10000 \text{ m}^2 / \text{E.C.M.P.} \\ \text{Ab/ha} = 0.785398163 d^2 N$$

donde: R.A.A. = relación área árbol; área de terreno que le corresponde a un árbol, de determinado diámetro (d), A = superficie al mil/ha (1000 m^2), N = número de árboles por hectárea, 10000 m^2 = el equivalente a la hectárea, E. C. M. P. = espacio de crecimiento mínimo promedio (m^2), ab/ha = área basal por hectárea, y 0.78839163 = constante.

c) Factor de Competencia de Copas (FCC)

$$dc = 1.277829415 + 0.15929122d \\ \text{a.m.c.} = 0.012824358 + 0.003197308643d + 0.0001992845 d^2$$

donde: dc = diámetro de copa, d = diámetro normal, a.m.c. = área máxima de copa.

En la Figura 5a y 5b, se presenta la guía de densidad definitiva en dos partes, con el propósito de lograr una mayor apreciación de las densidades; en base al IDRR.

El modelo de Reineke fue altamente significativo ($P > F = 0.0001$), con una R^2 de 0.8525, el índice de densidad del rodal de Reineke promedio para *Pinus arizonica* fue de 1045 árboles por hectárea, con un diámetro normal de 25 cm y con un intercepto de la línea de referencia de o densidad máxima de 5.2312, en cuanto a la relación área árbol obtenido, se ajusto a la regresión cuadrática. En lo referente al modelo de factor de competencias de copas, represento una R^2 de 0.9270, y el análisis de varianza de la regresión fue altamente significativo ($P > F = 0.0001$) (Fernández y Flores 1999).

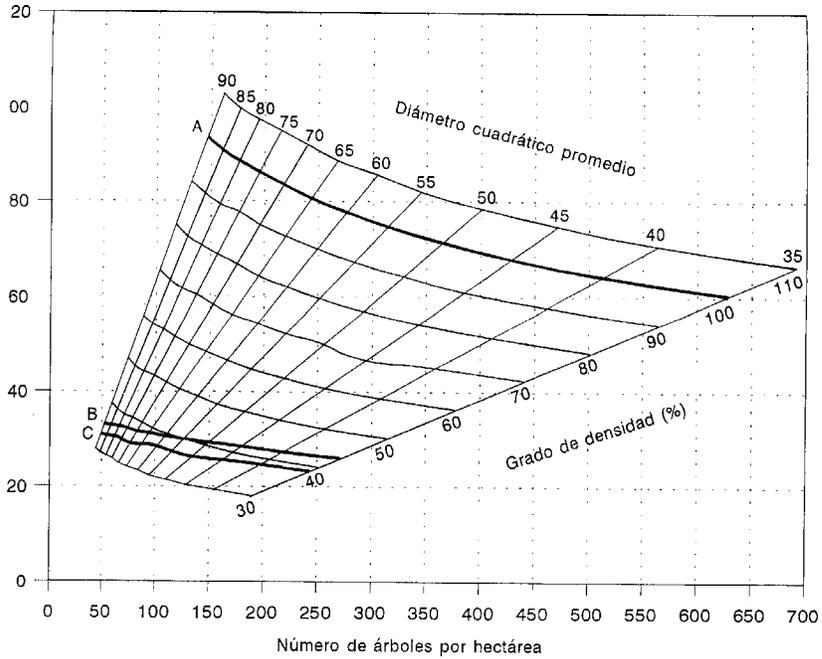


Figura 5a. Guía de densidad definitiva para *Pinus arizonica* Engelm. en la P. P la Laja y los ejidos Talayotes y Baburiachi, Municipio de Bocoyna, Chihuahua, utilizando en Índice de Densidad del Rodal de Reineke, como norma de densidad (Fernández y Flores, 1999).

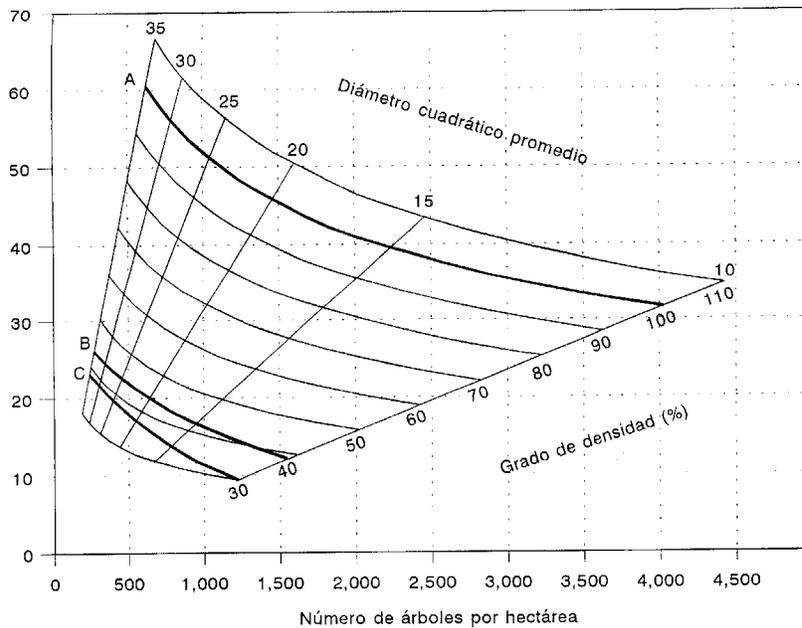


Figura 5b. Guía de densidad definitiva para *Pinus arizonica* Engelm. en la P. P la Laja y los ejidos Talayotes y Baburiachi, Municipio de Bocoyna, Chihuahua, utilizando en Índice de Densidad del Rodal de Reineke, como norma de densidad (Fernández y Flores, 1999).

5.4 Índices de sitios

En el área experimental forestal Madera Chihuahua, se determinó las calidades de estación para *Pinus arizonica* y para *P. duranguensis*, en la que se utilizó el método de índice de sitio usando dos tipos de curvas anamórficas de calidades utilizando las variables: edad total-altura total (variante I), y edad a 1.30 metros-altura total (variante II), para calificar sitios de muestreo a cada 200 metros de distancia con la relación edad a 1.30 metros-altura total de una árbol por sitio. En el Cuadro 6 aparecen los índices de sitio (IS) a la edad base de 50 años y los modelos para construir las dos familias de curvas de calidad de estación (Figura 6 y 7). Para cada familia en los dos modelos la ordenada en el origen permanece constante, la pendiente disminuye al aumentar el IS y los IS difieren en 1.50 metros con respecto del promedio, dando lugar a familias de dos curvas anamórficas (González, 1988).

Cuadro 6. Índices de sitio y modelos para construir las dos familias de curvas de calidad de estación para *Pinus arizonica* Engelm., en el área Experimental Forestal Madera, Chihuahua (González, 1988).

ÍIS (m)	Variante I		Variante II	
	Modelo	IS (m)	Modelo	IS (m)
18.91	$\ln H = 4.8816 - 9.2845(1/E^{0.4})$	20.37	$\ln H = 70.7091 - 70.3958(1/E^{0.01})$	
15.92	$\ln H = 4.8816 - 10.1101(1/E^{0.4})$	17.37	$\ln H = 70.7091 - 70.5614(1/E^{0.01})$	

Índice de sitio a la edad base de 50 años.

En la variante I las calidades de estación contemplan los siguientes IS para *Pinus arizonica*: buena >18.91, regular 15.92-18.91, mala 15.92 y para los IS de la variante II en las calidades de estación son los siguientes: buena >20.37, regular 17.37-20.37, mala >17.37. *P. arizonica* presentó mayores IS a los 50 años de edad a 1.30 m, esto fue a consecuencia de que la altura total en función de estas edades se desplaza por encima de las alturas totales correspondientes a la edad total y, por esto, es posible considerar mayores tasas de crecimiento de altura cuando esta es determinada por la edad a 1.30 m (González, 1988).

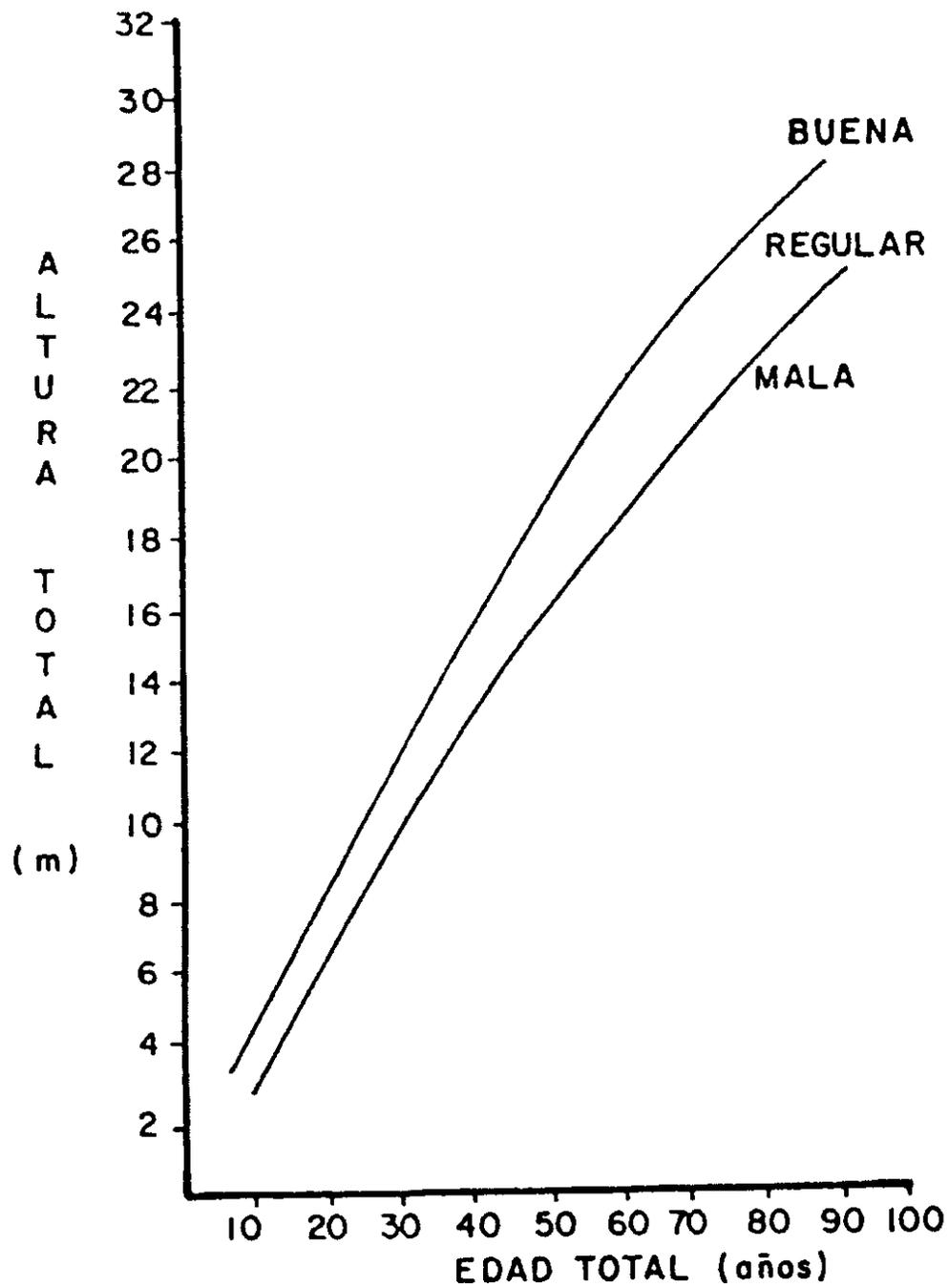


Figura 6. Curvas de calidad de estación para *Pinus arizonica* Engelm. para la variante I en el Área Experimental Forestal Madera, Chihuahua (González, 1988).

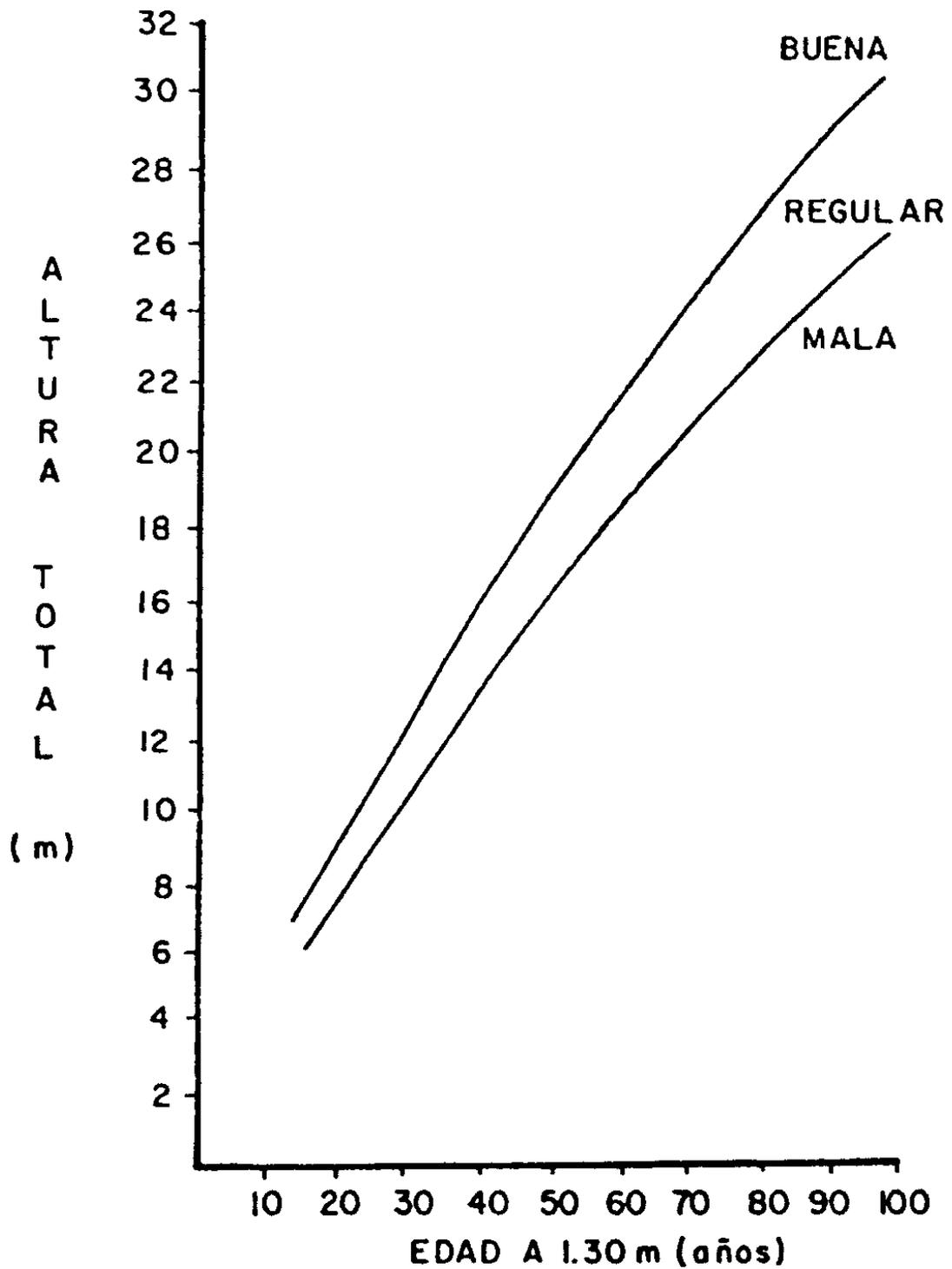


Figura 7. Curvas de calidad de estación para *Pinus arizonica* Engelm. para la variante II en el Área Experimental Forestal Madera, Chihuahua (González, 1988).

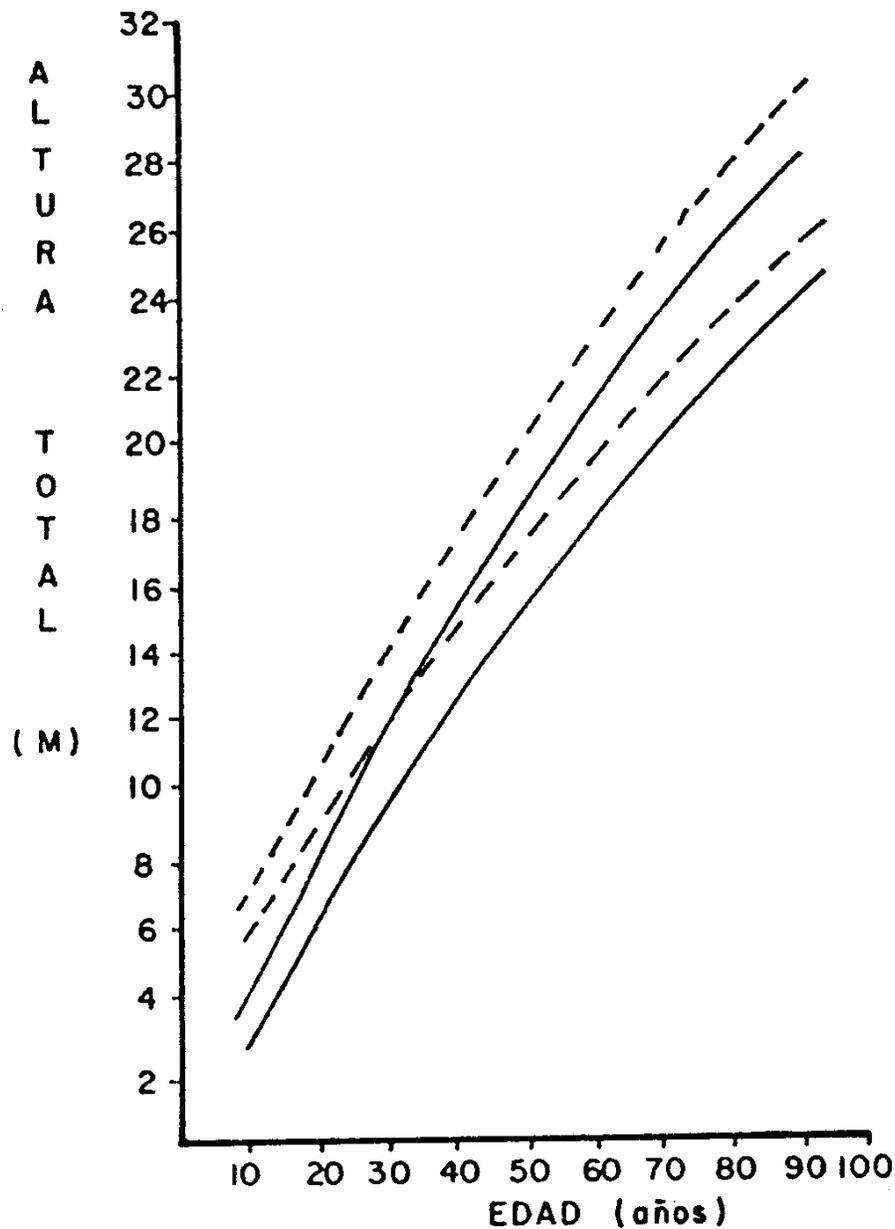


Figura 8. Curvas de calidades de estación para *Pinus arizonica* Engelm. con edad total (—) y edad a 1.30 m. (---). En el Área Experimental Forestal Madera, Chihuahua (González, 1988).

De acuerdo a la composición de especies de los 125 sitios de muestreo ubicados en el Área Experimental Forestal Madera, Chihuahua, 26 corresponden al bosque de *Quercus arizonica*, 21 para *Pinus arizonica* y 78 para *Pinus duranguensis*. Las calidades de estación para *Pinus arizonica* para la variante I (9 sitios) presentaron buena calidad de estación, (12 sitios) regular y el la variante II (17 sitios) fueron regular y (4 sitios) con mala calidad de estación. Las calidades de estación para *Pinus arizonica*

presentan una distribución apegada al relieve cuando se usan las curvas de la variante II, de forma tal que de los 21 sitios en total (17 en exposición topográfica cenital y 4 en Noreste), 16 de calidad buena y uno de calidad mala y 11 de calidad regular en exposición topográfica cenital, determinados por la familia de curvas con edad total. El bosque donde se determinaron las calidades de estación para *Pinus arizonica* se reconoce como un bosque mixto irregular, debido a la composición de especies y a la distribución diamétrica de la conífera. Las calidades de estación determinadas para *P. arizonica* con las curvas construidas con edad a 1.30 m, como se aprecia en la Figura 8 se muestra una distribución más apegada con las variaciones del relieve y, entre ellas, son mayores las diferencias de ICA en volumen y existencias reales totales por hectárea (González, 1988).

En la región Noroeste del estado de Durango también se determinaron índices de sitio para *Pinus arizonica*, en la que se utilizó los parámetros altura dominante y edad, en la que utilizó el modelo de Chapman-Richards $H=a[1-\exp(-bA)]^c$ en sus dos versiones de construcción, tipo anamorfica (1), esta arrojó mejores resultados, con menor suma de cuadrados del residual y un mayor pseudo R^2 y tipo polimorfica (2). El ajuste de las curvas se realizó mediante el análisis de varianza a una edad base de 100 años, en la que se obtuvo las curvas para los índices de sitios de 12, 15, 18, 21, 24 y 28 metros.

La ecuación generada fue la siguiente:

$$IS = 30.5509 [1-\exp(-0.01718 \cdot 100)] \left[\frac{\ln(H/30.5509)}{\ln[1-\exp(-0.01718 \cdot A)]} \right]$$

donde:

IS = índice de sitio

H = altura dominante (metros)

A = edad de medición (años)

Construcción para sistemas de curvas

a) Ecuación de tipo anamórfico (1)

$$H2 = H1 \cdot \left[\frac{1 - \exp(-0.01605 \cdot A2)}{1 - \exp(-0.01605 \cdot A1)} \right]$$

donde:

H2= altura dominante predicha (m)

A2 = edad base (años)

A1 = edad de medición (años)

Mediante esta formula se obtienen las curvas de índices de sitios (Figura 9), a partir de la ecuación (1), sustituyendo A2 por la edad base (100 años) y H1 por el valor del índice de sitio elegido (los cuales fueron de 16, 20, 24, 28, 32, 36).

b) Ecuación de tipo polimórfico (2)

$$H2 = 30.5509 \left[1 - \exp(-0.01718 * A1) \right] \left[\frac{\ln(IS/30.5509)}{\ln[1 - \exp(-0.01718 * 100)]} \right]$$

donde:

H2 = altura dominante predicha (m)

IS = índice de sitio seleccionado

A1 = edad observada (años)

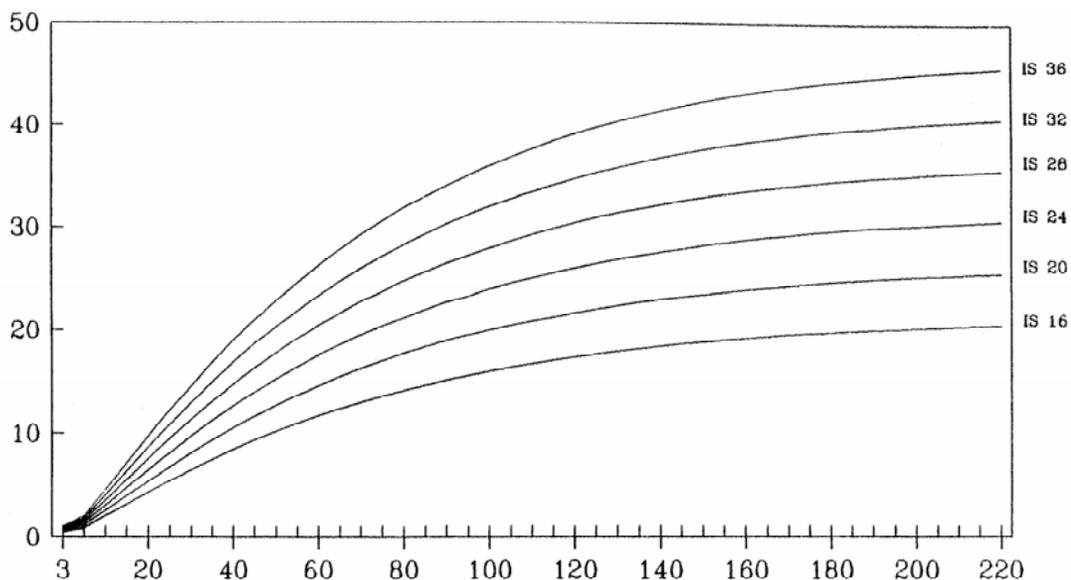


Figura 9. Curvas de índices de sitio para *Pinus arizonica* Engelm., utilizando el modelo de Chapman-Richards en su forma anamórfica, en la región Noroeste del estado de Durango (Pérez, 1990)

De esta manera se construyó el sistema de curvas de índice de sitio definitivas mostradas en la Figura 10, a partir de la ecuación (2), sustituyendo A2 por la edad base (100 años) y H1 por el valor del índice de sitio elegido (fueron de 12, 15, 18, 21, 24 y 28), generando los resultados del Cuadro 6, en esta especie y en esta región Noroeste

del estado de Durango existe un marcado polimorfismo en las curvas de índice de sitio a partir de este modelo utilizado, sobretudo en edades tempranas (menores de 60 años) e índices de sitios altos (mayores de 24 m), sitios de buena calidad se comportan diferente a los pobres o de mediana calidad. El polimorfismo tiende a uniformizarse después de los 130 años, e inclusive las curvas aparentan tener la misma separación, entre ellas, a cada una de las edades posteriores, pero siempre se presentará una pequeña diferencia, dado las variantes de los micro sitios de cada lugar (Pérez, 1990).

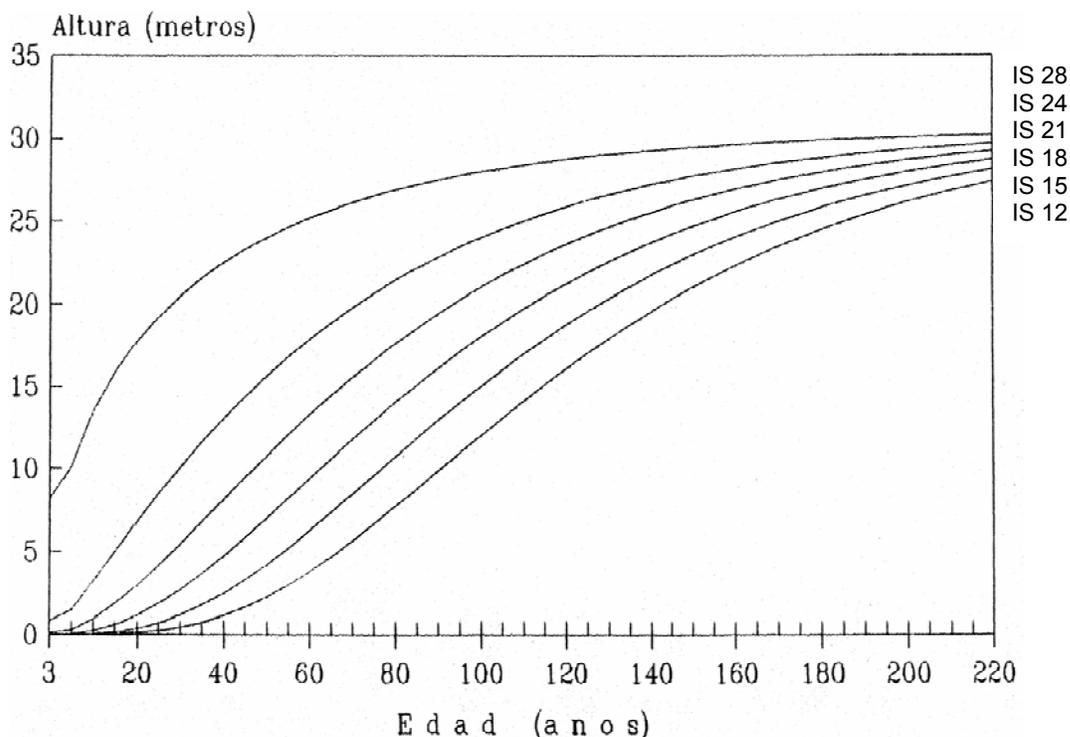


Figura 10. Curvas de índice de sitios para *Pinus arizonica* Engelm. utilizando el modelo de Chapman-Richards, en su forma polimórfica en la región Noreste del estado de Durango (Pérez, 1990).

5.5 Tablas de volúmenes

5.5.1 Ecuación para cálculo de volúmenes

Las siguientes tablas de volumen y de incrementos para *Pinus arizonica* fueron elaboradas entre predios Aguizaina, municipio de Bocoyna; Lote A Sur y Pinos Altos, en municipio de Ocampo, Chihuahua, para la construcción del modelo se emplearon las variables: volumen como variable dependiente y el diámetro normal y altura total como

variables independientes. Se obtuvo una R^2 de 0.99, cuadrado medio del error bajo (0.000749) y por probabilidad de α en la prueba de F (< 0.0001), siendo a si significativo el modelo. Se utilizó el modelo de la variable combinada logarítmica para la construcción de la tabla de volumen, ya que es más práctica en su aplicación por el menor número de parámetros que contiene. Las ecuaciones resultantes para la construcción de las tablas son las siguientes (Cumplido, 2002):

a) Volumen fustal sin corteza

$$V_{fsc} = 0.3375 (d_{cc}^2 h)^{1.0517}$$

Donde:

d_{cc} = Diámetro normal con corteza (metros)

h = Altura total (m)

V_{fsc} = Volumen fustal sin corteza (m^3)

b) Volumen fustal con corteza

$$V_{fcc} = 0.4134 (d_{cc}^2 h)^{1.0517}$$

Donde:

d_{cc} = Diámetro normal con corteza (metros)

h = Altura total (m)

V_{fcc} = Volumen fustal con corteza (m^3)

En los terrenos de la Unidad para el Desarrollo Forestal No. 2, localizados en la parte noroeste del estado del Estado de Chihuahua, en donde se encuentran situados los municipios de Madera y Casas Grandes. Se generaron ecuaciones para estimar volumen total para las especies *Pinus arizonica*, *P. duranguensis*, *P. engelmanni*, para rollo total árbol y fuste total, con o sin corteza, y con o sin tocón, así como ecuaciones para estimar volúmenes de ramaje de arbolado en pie, con o sin corteza, y ecuaciones para estimar coeficientes mórnicos. Para obtener la ecuación de *P. arizonica* se requirió el diámetro normal con corteza (cm) altura total (m), diámetros (cm) a diferentes alturas del fuste, con y sin corteza (medios a longitudes comerciales), y volumen de ramaje con corteza (m^3). Los valores de las estadísticas de ajuste y de los coeficientes de regresión muestral a nivel género y especie, para volúmenes comparables, hacen suponer que no existen diferencias notables ente los resultados de ambos análisis, por este motivo se generó, un sistema de ecuaciones genéricas, que incluyeran a las tres especies, es de

ser, una ecuación para cada una de las variables que incluyera a las tres especies (Cuadro 7), (Zepeda *et al.*, 1994).

Cuadro 7. Ecuaciones genéricas de volúmenes para *Pinus arizonica* Engelm., *P. durangensis* Martínez, y *P. engelmannii* Carr. realizadas en los terrenos de la unidad para el desarrollo forestal no. 2 "El largo-madera" en los municipios de Madera y Casas Grandes, Chihuahua (Zepeda *et al.*, 1994).

No.	Concepto.	Ecuación	r ²	CME	n
1	Fuste total con corteza	VT=0.0000636*(d ² h)**0.9614999	0.9926940	0.0218270	2166
2	Fuste total sin corteza	VT=0.0000301*(d ² h)**1.0133961	0.9911450	0.0294300	2166
3	Fuste sin tocón con corteza	VT=0.0000568*(d ² h)**0.9694542	0.9926080	0.0224520	2166
4	Fuste sin tocón sin corteza	VT=0.0000270*(d ² h)**1.0210679	0.9910300	0.0302710	2166
5	Rollo total árbol con corteza	VT=0.0000643*(d ² h)**0.9719658	0.9912300	0.0268130	2166
6	Rollo total árbol sin corteza	VT=0.0000305*(d ² h)**1.0238626	0.9898570	0.0344580	2166
7	Rollo sin tocón sin corteza	VT=0.0000275*(d ² h)**1.0311335	0.9898430	0.0349970	2166
8	Rollo sin tocón con corteza	VT=0.0000579*(d ² h)**0.9795141	0.9912430	0.0271900	2166
9	Ramaje con corteza	VT=0.0000014*(d ² h)**1.1386454	0.8343830	0.8282160	2161
10	Ramaje sin corteza	VT=0.0000007*(d ² h)**1.1865980	0.8480160	0.8128040	2157
11	Fuste total con corteza (Coeficientes morficos)	Ecuación: CMC=0.8096498*d**-0.0770002*h**-0.0385001 (Obtenida algebraicamente De: VT=0.00006359*(d ² h)**0.96149988)			2166

Donde: r²= coeficiente de correlación, CME= cuadrado medio del error, n= tamaño de muestra poblacional.

Con el objetivo de generar tablas de volúmenes se desarrollo un conjunto de ecuaciones en siete ejidos ubicados en cinco regiones forestales del estado de Chihuahua y con las especies de *Pinus arizonica*, *P. duranguensis*, *P. engelmannii*, y *P. herrerae* Martínez. Se midieron 189 árboles por ejido como número de muestra, los árboles fueron libres de plagas y enfermedades. Las mediaciones se realizaron en el

arbolado en pie y derribado. Se registró: número de árbol, diámetro a 1.30 m, altura total, altura de fuste, edad, tiempo de paso y proyección de copa. En el mismo árbol pero derribado, la primera rodaja se cortó a los 0.30 m y/o altura del tocón, la segunda a 1.30 m y a partir de esta se cortaron las rodajas cada 2.60 m; posteriormente, cuando el diámetro fue menor de 0.20 m las rodajas se cortaron a 1.30 m hasta que la punta fue menor o iguala 1.30 m. Cada una de las rodajas fueron etiquetadas según el número de árbol y rodaja correspondiente. La base de datos fue procesada mediante el paquete estadístico “SAS”, evaluando los modelos de Korsun; Schumacher, Variable combinada, Dwight y Thornber. Para la elaboración de los modelos para *Pinus arizonica* el que mostró mejor ajuste fue la variable combinada ver Cuadro 8 las ecuaciones derivadas de una R² mayor de 0.90 son similares por lo que muestran mayor confianza (Armendáriz *et al.*, 2003).

Cuadro 8. Modelos para el calculo de volúmenes para la especie *Pinus arizonica* Engelm. realizada en cuatro ejidos, ubicados en cinco regiones forestales del estado de Chihuahua (Armendáriz *et al.*, 2003).

Ejido	Modelo	R ²	Ecuación
Madera	Combinada	0.92	V= 0.45046044 (D ² A)0.909485
Chinatu	Combinada	0.98	V=0.45648470 (D ² A)0.895520
Retiro	Combinada	0.94	V=0.45169143 (D ² A)0.828987
Pilares	Combinada	0.77	V=0.58622769 (D ² A)0.815307

Se elaboró un conjunto de ecuaciones de cubicación para el genero *Pinus*, en los terrenos de la unidad de conservación y desarrollo forestal No. 7, de “Norogachi-Guachochi”, Chihuahua, con el objetivo de generar un sistema de cubicación para arbolado en pie, con alto índice de confiabilidad en su uso operativo. Este trabajo se baso en un muestreo estratificado, dividido en cuatro estratos (Figura 11), 50 individuos por estrato y pos especie a cada árbol se le tomo información sobre el diámetro normal (cm), altura total, (m), altura y diámetro del tocón, número de trozas, distribución de producto de cada troza, diámetro mayor (cm), diámetro medio (cm) y diámetro menor (cm) de cada troza, el grosor de corteza simple (cm), longitud de la troza; número de ramas comerciales, su diámetro medio y su longitud de rama (m). Una vez cubicados los tocones, cilindros y ramas se obtuvo las ecuaciones de volumen mediante un ajuste de modelos a través de la técnica de regresión, por el método de cuadrados ordinarios y

mínimos cuadrados no lineales. El ajuste de modelos se realizó mediante el paquete estadístico SAS. Los parámetros estadísticos demostraron una alta confiabilidad para el trabajo realizado, ya que se obtuvo un R^2 alto, combinado con valores bajos de CME. Las ecuaciones resultantes, finalmente se presentan el cuadro 9, para *Pinus arizonica* (García *et al.*, 1998).

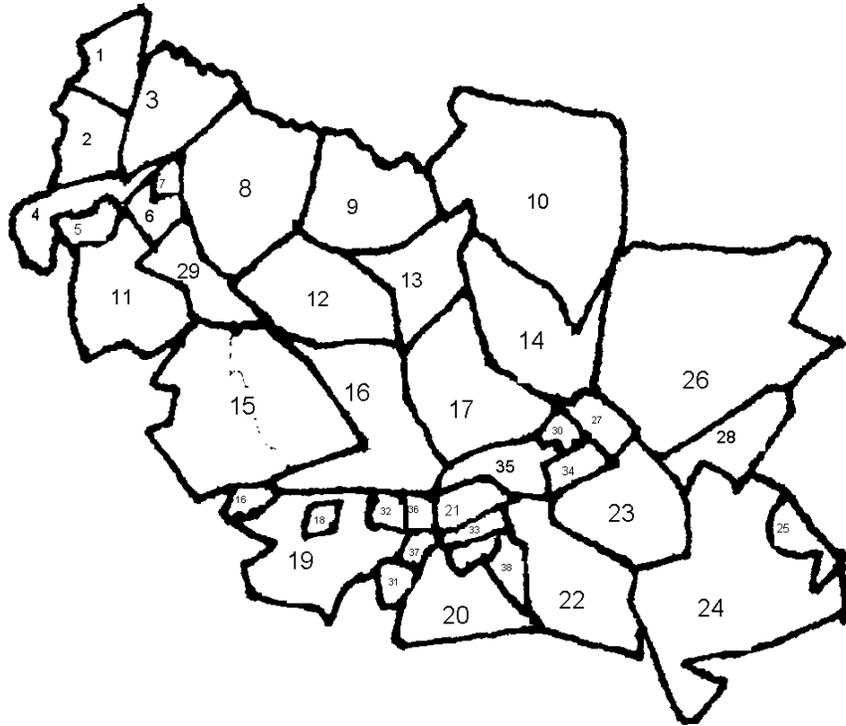
Cuadro 9. Ecuaciones para *Pinus arizonica* Engelm. en los terrenos de la unidad de conservación y desarrollo forestal No. 7, de “Norogachi-Guachochi”, Chihuahua (García *et al.*, 1998).

Estrato	Ecuaciones de volumen comercial a la altura limite (m ³).
E1	$V = (\pi D^2)/4 [1.863h(1-h/2H) - 2.930h(1-h/H) + 2.468h(1-1.5h/H + h^2/H^2 - h^3/4H^3)] _{h_1}^{h_2}$
E2	$V = (\pi D^2)/4 [1.389h(1-h/2H) - 1.307h(1-h/H) + 1.404h(1-1.5h/H + h^2/H^2 - h^3/4H^3)] _{h_1}^{h_2}$
E3	$V = (\pi D^2)/4 [1.335h(1-h/2H) - 1.515h(1-h/H) + 1.596h(1-1.5h/H + h^2/H^2 - h^3/4H^3)] _{h_1}^{h_2}$
E4	$V = (\pi D^2)/4 [1.822h(1-h/2H) - 2.435h(1-h/H) + 2.031h(1-1.5h/H + h^2/H^2 - h^3/4H^3)] _{h_1}^{h_2}$

Donde:

$\pi = 3.141516$, $V =$ volumen con corteza (m³), $h_1 =$ altura parcial en m, $D =$ diámetro normal en cm, $H =$ altura total en m.

En el campo experimental Madera, Chihuahua, se construyó una regla métrica “CIFONOR Chihuahua” que permite conocer directamente el volumen real de las trozas en metros cúbicos, simplificando las labores de medición y cuantificación dentro de los procesos productivos. La regla se obtuvo de una muestra de 9, 100 trozas con variación en forma y dimensión, en la que se midieron las principales características para la cubicación (diámetro menor, diámetro mayor con y sin corteza, largo y refuerzo). Se estima una exactitud del 99% en la medición de las trozas. Cuando no se dispone de la regla métrica CIFONOR Chihuahua, podrá utilizarse la tabla de volumen del Cuadro 10. Empleando un flexómetro (cinta métrica) se mide el diámetro sin corteza y la longitud. Posteriormente se relaciona en la tabla y donde estos coincidan será el volumen de la troza en decímetros cúbicos (Juárez y Pando, 1993).



1. Ej. Pamachi.
2. Ej. PGuagueyvo.
3. Ej. Guaguachique.
4. Ej. Gpe. Coronado.
5. Ej. C. de la Barranca.
6. Ej. Corareachi.
7. Ej. La Renga.
8. Ej. Samachique.
9. Ej. Tatahuichi.
10. Ej. Norogachi.
11. Ej. Munerachi.
12. Ej. Aboreachi.
13. Ej. Sehuerachi.
14. Ej. Papajichi.
15. Ej. Yoquivo
16. Ej. Tonachi.
17. Ej. Rocheachi.
18. Ej. Guirichiqu.e.
19. Ej. Santa Anita.
20. C.P. Cumbres de Sinforosa

21. C.P. San Miguel "A"
22. Ej. Guachochi.
23. Ej. Caborachi.
24. Ej. Tecorichi.
25. Ej. Lasüelcias.
26. Ej. Guazarachi.
27. Ej. La Soledad.
28. Ej. Agostadero de Aguirre
29. Ej. Quirare.
30. C.P. La Unión o Mesa de orpinel.
31. C.P. Cumbres de Guerachi
32. Ej. Tuceros.
33. C.P. San Miguel "B"
34. C.P. Ajolotes.
35. C.P. Adic. Diversos.
36. C.P. Agua Blanca.
37. C.P. A. de Barbechitos.
38. C.P. 'San Isidro.

ESTRATO 1: 1,2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 15, 18, 19, 20, 29,31, 32, 33, 36, 37,38.

ESTRATO 2: 9, 12, 13, 15, 16, 17.

ESTRATO 3: 21.

ESTRATO 4: 10, 14, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 35.

Figura 11. Mapa que muestra los estratos definidos del área de estudio en los terrenos de la unidad de conservación y desarrollo forestal No. 7, de "Norogachi-Guachochi", Chihuahua (García *et al.*, 1998).

Cuadro 10. Tabla de volumen, regla métrica CIFONOR-Chihuahua, (Juárez y Pando, 1993).

Long.\Diámetro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2.59 8'															56	63	70	78	87	95	105	114	124	135	145
3.20 10'															69	78	87	97	107	118	130	142	155	167	181
3.80 12'															90	101	113	125	137	151	165	179	194	210	226
4.42 14'															104	117	131	143	161	177	194	211	230	249	269
5.08 16'															127	142	158	175	192	211	230	251	272	294	316
5.69 18'															138	158	177	195	215	236	257	280	304	328	353
6.30 20'															141	160	181	203	225	250	275	302	330	358	389

Long.\Diámetro	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
2.59 8'	157	168	180	193	206	219	233	247	262	277	292	308	325	341	359	376	394	412	431	451	470	490	511	632	553
3.20 10'	195	210	225	241	257	274	291	309	327	346	366	386	406	427	449	471	494	517	541	565	590	615	641	667	694
3.80 12'	244	261	280	299	318	338	359	380	402	425	448	472	497	522	547	574	600	628	656	685	715	744	775	806	838
4.42 14'	289	311	333	356	380	404	430	456	482	510	538	568	597	629	660	692	725	758	793	828	864	901	938	977	1016
5.08 16'	340	365	390	416	443	471	500	530	560	592	624	657	691	725	761	797	835	873	912	952	992	1034	1076	1120	1164
5.69 18'	360	407	436	465	495	526	558	591	625	660	696	733	770	809	849	889	931	975	1017	1061	1107	1153	1200	1248	1297
6.30 20'	420	453	487	522	559	596	635	675	717	759	803	848	890	942	990	1040	1092	1144	1197	1252	1308	1366	1424	1484	1545

Long.\Diámetro	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
2.59 8'	575	597	620	643	666	690	714	739	764	790	816	842	869	896	924	952	980	1009	1038	1068	1098	1129	1160	1191	1223
3.20 10'	722	749	778	807	837	867	897	928	960	992	1025	1058	1092	1127	1162	1197	1233	1269	1306	1344	1382	1420	1460	1499	1539
3.80 12'	871	904	938	972	1007	1042	1079	1115	1153	1191	1230	1269	1309	1349	1391	1432	1474	1518	1561	1605	1650	1696	1742	1788	1836
4.42 14'	1056	1096	1138	1180	1223	1266	1311	1356	1402	1449	1496	1544	1593	1643	1694	1745	1797	1850	1904	1958	2013	2069	2126	2183	2242
5.08 16'	1209	1255	1301	1349	1397	1446	1496	1547	1599	1652	1705	1760	1815	1871	1928	1986	2044	2104	2164	2225	2287	2350	2414	2478	2544
5.69 18'	1347	1399	1451	1504	1557	1612	1668	1725	1782	1841	1901	1961	2023	2085	2148	2213	2278	2344	2411	2479	2548	2618	2689	2761	2834
6.30 20'	1607	1671	1735	1801	1868	1936	2006	2077	2149	2222	2297	2372	2449	2527	2607	2687	2769	2852	2936	3022	3109	3197	3296	3576	3468

Long.\Diámetro	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
2.59 8'	1255	1288	1321	1355	1389	1423	1458	1493	1529	1565	1601	1638	1675	1732	1751	1790	1829	1868	1908	1948	1989	2030	2071	2113	2156
3.20 10'	1580	1621	1656	1705	1748	1792	1835	1880	1925	1970	2017	2063	2110	2158	2206	2255	2304	2354	2404	2455	2506	2558	2611	2664	2717
3.80 12'	1884	1932	1982	2031	2082	2133	2184	2237	2289	2343	2397	2452	2507	2563	2620	2677	2735	2793	2852	2912	2972	3033	3095	3157	3219
4.42 14'	2300	2360	2421	2482	2544	2607	2670	2735	2800	2866	2933	3000	3068	3137	3207	3277	3349	3421	3493	3553	3641	3717	3792	3869	3946
5.08 16'	2610	2677	2745	2814	2884	2954	3025	3098	5171	3245	3320	3395	3472	3549	3627	3706	3786	3867	3949	4031	4115	4199	4284	4370	4456
5.69 18'	2908	2982	3058	3135	3213	3291	3371	3451	3533	5615	3698	3782	3867	3954	4041	4129	4218	4308	4399	4490	4583	4677	4772	4867	4964
6.30 20'	3561	3655	3750	3847	3945	4044	4144	4245	4348	4452	4557	4664	4771	4880	4990	5101	5214	5328	5443	5559	5676	5795	5915	6036	6158

5.5.2 Ecuaciones de ahusamiento

En la región de “el Largo”, Municipio de Madera, Chihuahua, se construyeron ecuaciones para estimar ahusamiento con y sin corteza, para *Pinus arizonica* (Zepeda y Domínguez 1997).

Las ecuaciones son las siguientes:

a. Con Corteza:

$$\begin{aligned} \text{Dice} = & \text{Dncc} \{ 3.09964 * (\text{H-h}/\text{H}-1.3) \\ & - 5.46396 * (\text{H-h}/\text{H}-1.3)^2 \\ & + 4.52134 * [a_1 - (\text{H-h}/\text{H}-1.3)]^2 I_i \\ & + 1.48686 * [a_2 - (\text{H-h}/\text{H}-1.3)]^2 I_i \} \end{aligned}$$

$a_1 = 0.16558$; $a_2 = 0.57581$; Pseudó- $R^2 = 95.22$ %;
CME = 0.00664; $EEb_0 = 0.16252$; $EEb_1 = 1.06959$; $EEb_2 = 1.02834$;
 $EEb_3 = 0.11652$; $EEa_1 = 0.02554$; $EEa_2 = 0.02427$; $gl = 4440$

b. Sin Corteza:

$$\begin{aligned} \text{Disc} = & \text{Dncc} \{ 2.27115 * (\text{H-h}/\text{H}-1.3) \\ & - 5.20193 * (\text{H-h}/\text{H}-1.3)^2 \\ & + 3.99977 * [a_1 - (\text{H-h}/\text{H}-1.3)]^2 I_i \\ & + 1.26269 * [a_2 - (\text{H-h}/\text{H}-1.3)]^2 I_i \} \end{aligned}$$

$a_1 = 0.12937$; $a_2 = 0.45948$; Pseudo- $R^2 = 93.58$ %;
CME = 0.00686; $EEb_0 = 0.27628$; $EEb_1 = 2.29871$;
 $EEb_2 = 2.22790$; $EEb_3 = 0.20451$;
 $EEa_1 = 0.04653$; $EEa_2 = 0.03278$; $G1 = 4442$

Donde:

D_i = diámetro parcial cc o sc (con corteza o sin corteza), según el caso (cm); h = Altura parcial (m); D_{ncc} = Diámetro normal cc (cm); H = Altura total del árbol (m); CME = Cuadrado medio del error; EE = error estándar del parámetro; cc = con corteza; sc = sin corteza. gl = Grados de libertad (Zepeda y Domínguez, 1997).

5.6 Modelos de incremento y crecimiento.

Las ecuaciones resultantes para estimar el crecimiento e incremento para *Pinus arizonica* son el resultado de las ecuaciones de Chapman-Richards (Cuadro 11). Estas ecuaciones para árbol individual se obtuvieron de los predios particulares de Aguizaina, municipio de Bocoyna; Lote A Sur y Pinos Altos, ambos del municipio de Ocampo, del estado de Chihuahua. El modelo se obtuvo una R^2 de 0.9538, y (F de <0.0001), lo que demuestra que contribuye a estimar con precisión la variable independiente. Este modelo en la forma integral estima el crecimiento y en su forma diferencial el incremento, con las ecuaciones diferenciales igualándola a cero (Cumplido, 2002).

Cuadro 11. Las ecuaciones resultantes para estimar el crecimiento de *Pinus arizonica* Engelm. en tres predios particulares de Aguizaina, municipio de Bocoyna; Lote A Sur y Pinos Altos, ambos del municipio de Ocampo, Chihuahua (Cumplido, 2002).

Diámetro normal sin corteza (d_{sc})	Altura total (h)	Volumen fustal sin corteza (v_{fsc})
$34.2461 \left(1 - e^{-0.0330t}\right)^{3.1754}$	$22.9615 \left(1 - e^{-0.0264t}\right)^{1.6727}$	$0.9148 \left(1 - e^{-0.0522t}\right)^{20.7369}$

En el modelo de crecimiento de Chapman-Richards $y = \beta_0 (1 - e^{-\beta_1 t})^{\beta_2}$ como modelo elegido para la construcción de las tablas de incremento, el parámetro β_0 representa el valor sintótico máximo al que la variable “y” se aproxima, esto es, diámetro normal sin corteza, se acerca asintóticamente a 34.2561 cm, la altura a 22.9615 m y el volumen fustal sin corteza a 0.9148 m³ (Cumplido, 2002).

Se realizó un análisis dasométrico de datos de parcelas permanentes de observación silvícola, establecidas en la Mesa de el Poleo, municipio de Madera, Chihuahua. El trabajo consistió en el ajuste de ecuaciones dasométricas que permitan conocer el comportamiento promedio, a través del tiempo, del incremento y rendimiento maderable. Se menciona que las ecuaciones utilizadas en este trabajo se deben de limitar a condiciones silvícolas en el rango de variación de las variables dasométricas del sitio, en tanto no existan datos adicionales para calibrarlas. Los resultados indican

que se presentan existencias de 600 m³/ha e incrementos instantáneos de aproximadamente 20 m³/ha/año (con máximo alrededor de 20 años y promedio anuales de 10 m³ /ha/año (con máximo alrededor de los 30 años), se debe de considerar que estos datos corresponden a una muestra parcial de las condiciones ambientales y silvícolas del lugar (Zepeda y Domínguez, 1998).

Aguirre y Winter (1989) construyeron un modelo de recuperación del parámetro de rendimiento para *Pinus cooperii* en un rodal natural en el estado de Durango, México. Utilizado la técnica de la recuperación del parámetro ya que este proporciona una descripción confiable de la distribución diamétrica del rodal de *Pinus cooperii*. Como resultado las predicciones y proyecciones de la estructura diamétrica fueron altamente dependientes de la función de las ecuaciones para predecir y proyectar los atributos medios del rodal. La bondad de pruebas de ajuste indicaron que el modelo produce las distribuciones diamétricas similares a los datos validación. Para los mismos datos, las estimaciones del parámetro de Weibull obtenidas con este modelo fueron estadísticamente similares a las máximas estimaciones de probabilidad. La tabla generada para el rodal con este modelo presentó información detallada sobre la estructura del rodal, para un amplio rango de edades, calidades del sitio e índice de la densidad. Se sugiere que se realicen remediciones par sitios más grandes para que se mejore la eficiencia de esta técnica y a si poder recuperar las distribuciones del diámetro.

Los tres parámetros de la función de densidad de probabilidad de Weibull (el pdf) se usaron para el modelo de la distribución del diámetro del rodal natural de *Pinus cooperii*

El pdf del weibull se da por:

$$(1) \quad f(x;a,b,c,) = (c/b) * \left(\left[(x - a/b)^{c-1} \right] \right) * \left\{ \exp \left[- (x - a/b)^c \right] \right\}$$

$$a \leq 0; b, c > 0; a < x$$

donde:

a = localización del parámetro, b = escala del parámetro, c = forma del parámetro

Para una distribución del diámetro en primer y segundo instante acerca del origen se dan por:

$$(2) E(x) = x_i/N = \bar{x} = D$$

$$(3) E(x_i^2) = x_i^2/N = B/0.00007854N = \bar{x}^2$$

donde:

\bar{x} = el diámetro de la media aritmética de la posición (D), \bar{x}^2 = el diámetro de la media cuadrática de la posición, N = árbol por hectárea, B= área basal por hectárea

Las estimaciones de las medias de diámetro medio cuadrático (D), el área basal actual (B), y árboles por hectárea (N), para lo primero y segundo instante la función de probabilidad de densidad (pdf) de Weibull, son determinadas con las siguientes ecuaciones:

$$(4) D = \exp[-0.455 + 0.254\ln(H) + 0.7631\ln(A) + 0.03195\ln(B)]$$

$$R^2=0.45 \quad CME= 0.35$$

$$(5) B = \exp[-3.347 + 0.003069(A) + 0.99259 + \ln(SDI) + 0.13046\ln(H) - 4.31(1/A)]$$

$$R^2=0.97 \quad CME= 3.25$$

$$(6) N = \exp[7.3599 - 0.02471(A) + 0.8228\ln(B) - 1.022\ln(H) + 0.18025(B/A)]$$

$$R^2=0.88 \quad CME= 28.8$$

Las estimaciones de B a varias edades de la proyección fueron determinadas con la siguiente ecuación.

$$(7) B = \exp\left\{\left(\frac{A_i}{A_{i+1}}\right)\ln(B_i) + \left(\frac{A_i}{A_{i+1}}\right) + 0.04919\left[1 - \left(\frac{A_i}{A_{i+1}}\right)\right]S\right\}$$

$$R^2 = 0.97 \quad CME = 25.8$$

Donde:

A_i = edad de la posición actual, A_{i+1} = edad proyectada del soporte, B_i = área basal actual, B_{i+1} = área basal proyectada, S = índice de sitio

El sistema de ecuaciones para resolver las estimaciones del parámetro del pdf de Weibull es:

$$(8) \bar{x} = \int_0^a xf(x;b,c)dx = a + br(1 + 1/c)$$

$$(9) \quad \bar{x} = \int_0^a x^2 f(x; b, c) dx = a + b^2 r(1 + 2/c)$$

La variación estimada (s^2) y coeficiente de variación (CV) de la distribución se da por

$$(10) \quad S^2 = \left[\bar{x^2} - \bar{x}^2 \right] = b^2 \left[r(1 + 2/c) - r^2(1 + 1/c) \right]$$

$$(11) \quad CV = (s/c) = \frac{\left[r(1 + 2/c) - r^2(1 + 1/c) \right]^{1/2}}{r(1 + 1/c)}$$

donde:

r = la function gamma

La ecuación (8) puede resolverse para b cuando c es conocido, y el valor para el parámetro (a) es una constante estimada como sigue:

$$(12) \quad a = \min(\text{DBH}) = \max[0.5932 - 0.16567(B) + 0.95998(Dq)]$$

$$R^2 = 0.89 \quad \text{CME} = 0.85$$

Las condiciones iniciales dadas de edad de, altura dominante, y el área basal, la predicción de mínimo (DBH), diámetro (D), y diámetro cuadrático (Dq) fueron necesarios para resolver los tres sistemas del parámetro de las ecuaciones. El programa es basado en un juego de rutinas reiterativas que usan una combinación de la bisección y métodos diferentes para encontrar raíces de ecuaciones no lineales. Estas rutinas se usan para proporcionar una solución de $f(x; \theta)$ para recuperar la distribución diamétrica. El valor total de la unidad del área del atributo puede obtenerse para una solución dada de $f(x; \theta)$.

Esto es:

$$(13) \quad y = \left[\int_{x_1}^{x_2} f(x; \theta) dx \right] g_i(x)$$

donde:

$f(x; \theta)$ = el pdf Weibull para x

$g_i(x)$ = es el atributo como una función de x

x_1 y x_2 = limites del diámetro bajo y superior para el producto descrito por $g_i(x)$

La probabilidad que la x en el diámetro esta clasifica como (x_1, x_2) se encuentra integrando por la función de densidad de probabilidad $f(x;\theta)$ entre los limites x_1 y x_2 . Eso es:

$$(14) \text{ Prob}(x_1 < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x;\theta) dx = \left\{ \exp\left[-x_2 - a/b\right]^c \right\} - \exp\left[-x_1 - a/b\right]^c$$

Ecuación a nivel de árbol. La distribución del crecimiento del diámetro y el modelo de rendimiento requieren una estimación de altura del árbol medio en cada clase del diámetro para determinar el volumen del arbolado medio de cada clase, se obtiene con la siguiente ecuación:

$$(15) \text{ HM} = \exp\left[-0.1985 + 0.2258\ln(D) - 0.00987\ln(B) - 1.3791(1/A) + 0.8151\ln(H)\right]$$

$R^2 = 0.93$ $\text{CME} = 2.25$

5.7 Incendios Forestales

5.7.1 Uso del fuego

En un rodal natural de *Pinus arizonica* localizado en el área Experimental Madera en el estado de Chihuahua, se realizó un trabajo de observación sobre el comportamiento del fuego sobre la cobertura vegetal y capas orgánicas, así como también su efecto sobre los escurrimientos superficiales y el arrastre de sedimentos durante tres periodos de lluvias. Los combustibles totales se redujeron desde un 33%, con el tratamiento de quema prescrita hasta un 89% con el tratamiento de reincendio. Los escurrimientos variaron en cada una de las parcelas, sobretodo en los tratamientos de reincendio, estos fueron mayores, debido a que el suelo quedó más expuesto, en donde se removió el 88% de los combustibles en las tres primeras horas de precipitación de 14.8 mm el escurrimiento fue de 3 litros por m^2 . En áreas donde no se redujo el combustible con una precipitación de 80 ml por m^2 el escurrimiento fue menor, debido a la cantidad de combustibles y a la intercepción de los árboles, que permitieron un menor impacto y mayor infiltración. La perdida de suelo en el periodo de tres años en donde no se redujo el combustible no existió perdida de suelo, en cambio en donde se redujo el combustible en un 88% se presentó una perdida de suelo hasta de 3 cm. los escurrimientos superficiales variaron principalmente por la intensidad de precipitación,

por la intercepción de las copas de los árboles y por la capa de material orgánico del suelo (Alanís *et al.*, 1993).

5. 7. 2 Quemias prescritas

Se realizó un estudio en un bosque de *Pinus arizonica* en Madera Chihuahua, con un total de 12 lotes de escurrimiento con dimensiones de 5 por 20 m cada uno, para este trabajo se diseñaron cuatro tratamientos con tres repeticiones, las que fueron complementadas bajo un diseño completamente al azar, los tratamientos fueron; SQ: Testigo o sin quemar; QP: quema prescrita bajo condiciones húmedas; I = quema en condiciones de sequía y RI= Segunda quema en los lotes de tratamiento I un año después. Los tratamientos I así como QP y RI fueron aplicados en 1990 y 1991. Los tratamientos se aplicaron durante dos años consecutivos. Los escurrimientos se midieron en dos tambos colectores de 200 litros en cada lote después de cada lluvia. Se monitoreó en 212 eventos de precipitación después de cada lluvia. Al final los datos fueron analizados estadísticamente a través de un análisis de covarianza donde la suma de los escurrimientos de las parcelas control sirvieran como covariables. El rango de duración de las lluvias fue de 20 minutos hasta 40 horas. Antes de la aplicación de las quemias prescritas el promedio de la cantidad de los combustibles era de 4.4kg m² con una desviación estándar de 0.94 kg m⁻² el porcentaje de reducción en la cantidad de combustibles totales promedio 34.3%, para QP, 54.6% para I y 78% para RI. En total para los seis lotes se presento una reducción media de 56.3 % y una desviación estándar de 4.1 %. En el segundo año al ser reincendiadas las parcelas los combustibles se redujeron hasta un 83 %, con una media de 78.3 % y una desviación estándar de 6.4 %. El espesor del mantillo después de la aplicación de las quemias prescritas se redujo hasta un 70 % en los lotes reincendiados, que fue determinante en los escurrimientos, pues a medida de que éste se reduce se incrementan los escurrimientos superficiales, principalmente en los lotes reincendiados , se observa que los escurrimientos promedio con 6 cm de espesor de mantillo son aproximadamente 0.074 mm, mientras que cuando se elimina completamente el mantillo, los escurrimientos incrementan hasta 0.3036 mm, los lotes con mayor espesor de mantillo tuvieron las tasas de infiltración más elevadas. Es recomendable mantener entre 1 y 2 cm de espesor de mantillo, para incrementar las tasas de infiltración, amortiguar el

impacto de las gotas de lluvia, evitar la dispersión de las partículas del suelo, evitar el desarrollo de formación de costras y para reducir el riesgo de incrementar los escurrimientos del suelo. Considerando que el grosor del mantillo es aproximadamente de 4 cm de espesor en los lotes observados en este estudio, se recomienda la reducción del espesor hasta en un 50 %, a si también reduce la probabilidad de incendios forestales y eficientiza el incremento en los escurrimientos del suelo, evitar erosión de los suelos. Las quemas prescritas incrementan los escurrimientos en lotes forestales, pero aplicadas en zonas más húmedas resultan mas efectivas en la reducción del combustibles y espesor del mantillo (Alanís, 1995).

5.8 Escurrimientos subsuperficiales

En un rodal de *Pinus arizonica*, en Madera, Chihuahua., se realizó un estudio para determinar las infiltraciones e intensidades de lluvias generadoras de escurrimiento en lotes fraccionarios bajo la cobertura forestal. Se realizaron 34 pruebas de infiltración, mediante infiltrómetros cilíndricos sencillos. Las dimensiones del cilindro fueron de 31 cm de diámetro y 24.5 cm de longitud. Las curvas de infiltración observadas fueron ajustadas a los modelos de (3), (4), (5), y (6). Las intensidades de lluvia fueron registradas en un pluviógrafo localizado en el centro de 12 lotes experimentales de 5 por 20 m, en los cuales se observó el escurrimiento generado. De todos los modelos el modelo de Kostiakon se ajustó mejor a las infiltraciones observadas en todos los lotes experimentales. Las tasas promedio de infiltración observadas a los 60 min fueron de 0.4015. La intensidad máxima de lluvia registrada durante 1992 fue de 6.86 cm hora⁻¹ (0.11cm min⁻¹). La integración del modelo de Kostiakov $(I = \delta^t Bt^{-n} \partial t)$ para la infiltración mínima observada es mayor que la intensidad acumulada máxima. Este tipo de escurrimientos es generado en suelos con altas tasas de infiltración y donde la conductividad hidráulica se reduce cuando se incrementa la profundidad del suelo. Los escurrimientos generados en este rodal no son del tipo hortoniano, en virtud de que las máximas intensidades de lluvia no sobrepasan ni las mínimas tasas de infiltración acumulada (Alanís y Návar, 1995).

5.9 Plagas y enfermedades en rodales naturales

5.9.1 Enfermedades

Los pinos se enferman cuando una o varias de sus funciones son alteradas por organismos patógenos o determinadas condiciones del medio, donde las actividades fisiológicas se vuelven anormales o se dan cambios en las estructuras expresado en síntomas característicos. Los agentes causantes de las enfermedades pueden ser bacterias, hongos, plantas parásitas, etc.

Las pudriciones son la descomposición y degradación de los tejidos vivos o muertos por organismos y hongos, y se caracterizan por la presencia de madera muerta dentro del árbol vivo, a nivel de tronco o de raíces, o en árboles muertos o tocones por la presencia de signos tales como los cuerpos fructíferos de hongos de repisa. El hongo *Armillaria mellea* (Agaricales: Agaricaceae) es reportado en brinzales en áreas de regeneración de *Pinus arizonica*. Se le conoce también como hongo de abanico, ya que su micelio crece bajo de la corteza con esa forma, en la que forma masas de hongos. Esta especie se encuentra de manera aislada, se puede encontrar tanto en árboles pequeños como en grandes, y puede causar la muerte, por lo que su impacto es relevante (García y González, 2003).

Los tizones foliares se caracterizan por ser infecciones que lesionan al follaje o acículas de los pinos y le dan la apariencia de marchites, lo cual afecta a nivel de fotosíntesis del arbolado. Las acículas o partes afectadas permanecen completamente, pero deformadas. Se ha reportado a *Ploioderma lethale* (Phacidiales: Hypodermataceae) sobre *Pinus cooperi* var. *ornelasi* y *P. arizonica*, y se encuentra distribuido en las áreas arboladas donde están los hospedantes. Pueden llegar a ser de importancia en plantaciones y en viveros forestales (García y González, 2003).

El muerdago enano es una planta hemiparásita que pertenece al género *Arceuthobium* M. Bied. (Loranthaceae), su efecto en el hospedero se considera una enfermedad, debido al debilitamiento que causa en el arbolado joven y adulto, así síntomas de hipertrofia y multirramificación de las ramas (“escobas de bruja”). Son

plantas herbáceas o arbustivas, dióicas (sexos separados). Su coloración puede ser verdosa, amarillenta, anaranjada, rojiza o negrusca; glabras, de 0.5 hasta 70cm de altura. Tallos angulosos, ramificados, articulados. Estos hemiparásitos causan daños al hospedero tales como: disminución del crecimiento, deformaciones y tumoraciones en ramas y tallos, granulaciones anormales, impregnación de resinas y textura esponjosa en la madera; la producción de semillas se reduce en calidad como en cantidad y el porcentaje de la germinación de la semillas se reduce al ser menos vigorosa: aumenta la susceptibilidad a incendios en los rodales infectados y ataque de otros agentes de deterioro; la mortalidad, cuando se presenta es por desecación dependiendo del grado de infestación. Se reportan las siguientes especies y subespecies del género *Arceuthobium* M. Bieb. (Rodríguez, 1983; García y González, 2003).

Arceuthobium vaginatum ssp. *vaginatum*. El brote es color marrón oscuro a negro, a veces rojo; se encuentra sobre *P. cooperi*, *P. engelmannii* y *P. arizonica*. Se encuentra distribuido en Chihuahua, Coahuila, D. F., Durango, Hidalgo y Jalisco a una altitud de 2100-3990 msnm (Rodríguez, 1983; García y González, 2003).

Arceuthobium verticilliflorum Engelm. El tallo es de color verde amarillento a púrpura; se le encuentra sobre *P. cooperi*, *P. engelmannii*, *P. arizonica*, y *P. durangensis* (Rodríguez, 1983; García y González, 2003).

Arceuthobium globosum Hawksw. & Wiens. ssp. *globosum*. Es una planta globosa de color amarillo, y no causa escobas de bruja; está sobre *P. cooperi*, *P. engelmannii*, *P. arizonica*, *P. teocote* y *P. durangensis*. *P. arizonica* también es afectado por *A. globosum* spp. *grandicaule*, se encuentra distribuido en los estados de Chihuahua, Sonora, Durango, D. F. y Edo. De México, a una altitud de 2700-3900 m (Rodríguez, 1983; García y González, 2003).

Arceuthobium vaginatum Willd. Presl. ssp. *vaginatum*. Sus tallos son de color marrón oscuro a negro; se puede encontrar sobre *P. cooperi*, *Pinus arizonica*, *P. engelmannii*, *P. duranguensis*, *P. Pseudostrobus*, *P. errerae* y *P. teocote*. distribuido en los estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora y Tamaulipas, a una altitud de 1980-2550 m (Rodríguez, 1983; García y González, 2003).

Arceuthobium vaginatum ssp. *cryptopodum* (Engelm.) Hawksw. & Wiens. El brote puede ser de color anaranjado a marrón rojo; se le encuentra sobre *P. cooperi*, *P. arizonica*, *P. engelmannii* y *P. durangensis* (Rodríguez, 1983; García y González, 2003).

Arceuthobium gillii Hawksw. & Wiens. ssp. *gillii*. el brote tiene coloración marrón verdoso; esta sobre *P. lumholtzii*, *P. leiophylla*, *P. chihuahuana*; rara vez se encuentra sobre *P. arizonica* y *P. cooperi* (García y González, 2003).

5.9.2 Insectos

5.9.2.1 Insectos descortezadores

Los descortezadores insectos que al eclosionar, las larvas se alimentan del tejido del floema, sin alimentarse de la madera, formando túneles o galerías, las larvas se transforman en pupa en el extremo final de su galería, para luego convertirse en adulto y perforar la corteza para salir al exterior para reproducirse. El arbolado afectado presenta grumos de resina con restos de madera de los túneles, amarillamiento del follaje y desecación de arriba hacia abajo. Entre los insectos descortezadores que causan daños severos en los bosques con alta mortalidad del arbolado de *Pinus cooperi*, *P. arizonica* y *P. durangensis* se encuentran, *Dendroctonus valens* LeConte, *D. approximatus* Dietz, *D. Adjunctus* Blandford, *D. mexicanus* Hopkins. *Dendroctonus rhizopagus* Thomas & Bright se localiza en la raíz de los brinzales en áreas de regeneración de *P. durangensis*, *P. arizonica*, *P. teocote* y *P. engelmannii*, pudiendo afectar también a las plantaciones de estas especies. *Ips pini* (Say) afecta a *P. duranguensis*, *P. engelmannii*, *P. arizonica* y *P. cooperi*. De estos, *D. mexicanus* e *Ips pini* han afectado a miles de metros cúbicos, en el estado de Durango (García y González, 2003).

5.9.2.2 Barrenadores de brotes y yemas

En este grupo se encuentra un complejo de especies de micropalomillas, que afectan frecuentemente al arbolado joven de coníferas, debido a que estos tienen tejidos meristemáticos más blandos, lo cual facilita la penetración de las larvas hacia el

floema de los brotes y yemas, aunque también puede encontrarse en arbolado adulto pero con efectos de menor importancia. Estos insectos propician la reducción de crecimiento en altura, en la producción de conos y semillas y ocasionan la muerte de conillos. El daño principal es causado cuando se introduce la larva dentro del brote líder, el cual generalmente se seca por el ataque y causa bifurcaciones, deformación de crecimiento y del fuste a largo plazo. Esto a consecuencia de la actividad alimenticia de las larvas de palomillas del orden lepidóptero, de los géneros *Henricus* (=Irazona), *Rhyacionia*, *Retinia* (=Petrova), *Dioryctria* y *Eucosma* (García y González, 2003).

Rhyacionia neomexicana (Dyar). (Lepidoptera: Tortricidae). Se desarrolla sobre *Pinus arizonica*, esta es una mariposa de 16.5 a 25 mm con coloración en tonos café con tonos acre. Tiene actividad crepuscular y nocturna. Se alimenta de yemas terminales o laterales así como del tallo. Las larvas rara vez matan a su hospedero. La presencia se nota por la exudación de resina (García y González, 2003).

Retinia sp. especie nueva es cercana a *R. albicapitana* (Busck); fue hallada en 1994 y será escrita por W. R. Millar. Su expansión halar va de 17 a 24 mm, y hasta el momento sólo se ha encontrado en los brotes líder y laterales de árboles jóvenes de *P. arizonica* (García y González, 2003).

Eucosma sonomana Kearfott. (Lepidoptera: Tortricidae). Los adultos son palomillas que van de 18 a 25 mm de expansión alar; tienen coloración café cobrizo, con diversos tonos de café, gris, y blanco en las alas anteriores. La larva es de color blanco amarillento con cabeza oscura, y su pupa es de color café castaño. Esta especie barrena brotes principales o laterales de los pinos, algunas especies de este género estas reportadas como barrenadoras de conos. Se encuentra en bosques naturales, pero su presencia es mayor en plantaciones en especies de *Pinus arizonica* y *P. duranguensis*, pero también ataca en bosques naturales a *P. pseudostrobus* y en *P. cooperi* (Cibrián et al., 1989; García y González, 2003).

Vespa mima sp. poss. Sequoiae (Lep. Sesiidae). Esta mariposa ataca solamente en los troncos o ramas gruesas de más de 3" de diámetro, deja como resultado un grumo de resina de (5 cm o más) y externamente no tiene la apariencia de un nódulo,

sino que es muy irregular y con escurrimientos. La coloración de estas masas es blanco – rosáceo cuando el grumo es reciente y se tornan rosado oscuras cuando son antiguas. El ataque se localiza más frecuentemente en las uniones de las ramas con el tronco. Esta palomilla fue hallada en *Pinus cembroides* y en *Pinus arizonica*, en el cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila (Ramírez, 1986).

Rhyacionia sp. (Lep. Olethreutidae). Este es un barrenador de yemas y brotes tiernos que atacan principalmente a individuos jóvenes. Se le ha encontrado en *P. arizonica*, colectándose en Cañada El “Escorpión” y “Santa Rosa” del Cañón de San Lorenzo. La actividad larval llega a matar las puntas de las ramillas, denotándose el daño por amarillamiento y desecación, hasta volverse roja y morir. El daño de este insecto es leve, ataca mayormente a renuevos de menos de 2 m de alto; barrena ramillas y brotes de hasta 1 cm de diámetro, las galerías que excavan siguen el eje central de la ramilla mide en promedio 3 cm de longitud (Ramírez, 1986).

5.9.2.3 Insectos de Conos y semillas

Las plagas de conos y semillas incluyen insectos que se alimentan de estas estructuras y hongos que los afectan. Este grupo de plagas adquiere importancia cuando hay interés en el manejo de la producción de semilla de árboles o en rodales semilleros, en áreas bajo tratamiento de regeneración, en áreas dedicadas a plantaciones forestales, o en zonas de colecta de piñón (García y González, 2003).

Los escarabajos del genero *Conophthorus* (Coleoptera: Scolytidae) son robustos, cilíndricos y pequeños, color café a negro, los adultos perforan la base o en el pedúnculo del cono, causando su refinación acumulándose en el orificio de la entrada. Después destruyen su galería helicoidal, ovopositando en ellas, de donde saldrán las larvas que iniciaran su alimento a partir de las semillas, escamas y tejidos leñosos del cono, ocasionando la destrucción total o parcial del cono, con limitación en el número de semillas liberadas (Cibrián *et al.*, 1986; Cibrián *et al.*, 1995 y García y González, 2003).

Conophthorus ponderosae Hopkins se distribuye en Chihuahua, B. C. Norte, Coahuila, D. F., Durango, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Puebla Sonora, Tlaxcala, Veracruz. Entre sus Hospedantes se encuentra *P. arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. cooperi*, *P. durangensis*, *P. montezumae*, *P. Pseudostrubus*, *P. rudis*. Los conos y semillas son infectados por *Conophthorus ponderosae* Hopkins, este es un insecto de color café a negro; miden de 2.5 a 4 mm de longitud; cuerpo robusto generalmente 2.3 a 2.4 veces tan largo como ancho. Los huevesillos miden 0.7 mm de longitud y 0.5 mm de ancho; al momento de la ovoposición son de color blanco aperlado y forma elipsoidal, las larvas son de color blanco cremoso y cabeza ámbar parcialmente cubierta por el protórax. La pupa es típicamente exorada y parcial de color blanco cremoso. Presenta una generación por año. Los adultos atacan conos desde el inicio de la primavera hasta los principios de verano, cuando las temperaturas son favorables para el vuelo. El ataque lo inician las hembras invernantes que atacan los conos del segundo año de crecimiento y perforan cerca de la base del cono., en donde se forma un grumo de resina típico. Las hembras hacen su galería de ovoposición en el eje central del cono. Los huevesillos son depositados sobre las semillas en desarrollo, y el insecto saldrá del cono una vez que sea adulto. Cuando no hay conos ni conillos pueden atacar brotes o ramillas alimentan de ellos y viven solitarios hasta la siguiente primavera, cuando atacan conos de dos años de edad. Ataca y destruye conillos, conos y semillas, además de los daños que causa de manera directa a la producción de semillas, puede afectar la densidad de regeneración natural en rodales sometidos a tratamiento silvícola de árboles padre. *Conophthorus ponderosae* ha sido importante en las áreas semilleras del estado de Durango, a si como en áreas bajo tratamiento en regeneración. Es la especie más importante como plaga de conos, ya que causa daños que varían de un 40 a 87 % de la cosecha total cada año (Cibrián *et al.*, 1986; Cibrián *et al.*, 1995 y García y González, 2003).

En áreas y huertos semilleros, o en rodales con tratamiento de árboles padres se recomienda como practica cultural la recolección y quema de los conos y conillos que fueron atacados por el insecto. El control químico se realiza con la aplicación de insecticidas de contacto y sistémicos, las aspersiones se realizan al inicio de la primavera sobre los árboles y otra aplicación a finales de otoño, los sistémicos se deben aplicar al inicio de la primavera y al momento de la polinización, mediante inyecciones al

fuste o en aplicaciones al suelo (Cibrián *et al.*, 1986; Cibrián *et al.*, 1995 y García y González, 2003).

El escarabajo picudo *Conotrachelus neomexicanus* Fall. (Coleoptera: Curculionidae) y el escarabajo degradador *Ernobius punctulatus* (LeConte) (Coleoptera: Anobiidae) ha sido reportado en Durango afectando a *Pinus arizonica*, *P. leiophylla*, *P. cooperi* y *P. chihuahuana* en bajas cantidades (García y González, 2003).

Leptoglossus occidentales Heideman, es una chinche que succiona completamente la semilla. Esta chinche se distribuye en toda la Sierra Madre Occidental, Eje transversal Neovolcánico y Sierra Madre Oriental, los principales estados que abarca esta área son: Chihuahua, Coahuila, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Puebla, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas. Entre sus hospederos se encuentran: *Pinus arizonica*, *P. ayacahuite* var. *Brachiptera*, *P. cembroides*, *P. chihuahuana*, *P. cooperi*, *P. greggii*, *P. Rudis*, *P. pinceana*. Las partes bucales son en forma de estilete y están adaptadas para picar y chupar. Estas son chinches robustas de gran tamaño. Tienen cabeza delgada y cuerpo alongado, las hembra miden en promedio 19.8 mm de longitud y los machos 15.8 mm. Los adultos son de color café rojizo a gris oscuro. En México su ciclo de vida presenta hasta tres generaciones por año, pudiéndose encontrar todos los estados de desarrollo durante el año, las hembras ovopositan sobre las hojas mas cercana de los conillos, la población se incrementa a principios de verano. Las ninfas y adultos causan daños diferentes en los conillos y conos. Las ninfas en los primeros instares causan el aborto de conillos y los adultos dejan vació la semilla con el embrión parcialmente dañado. Esta es una especie de las mas importantes por su amplio rango de hospedantes y distribución geográfica. La aplicación de medidas de control solo es justificable en huertos y áreas semilleras, la medida de control más aceptable es la aplicación de insecticida sistémico inyectado en el fuste o aplicado al suelo. En los árboles menos de 15 metros de altura se le puede aplicar insecticidas de contacto, esto se debe aplicar en la segunda mitad de abril cuando los conillos están creciendo, así también es recomendable una segunda aplicación en agosto. (Cibrián *et al.*, 1986; Cibrián *et al.*, 1995).

Megastigmus albifrons Walter (Hemenoptera: Torymidae), tiene alas posteriores y anteriores. Las partes bucales son de tipo masticador, son avispa pequeñas de 5 a 7 mm de longitud. Son de color verde amarillento o café claro. Se distribuye en toda la Sierra Madre Occidental, gran parte del Eje Transversal Neovolcánico, esta área abarca los estados de Chihuahua, (es la principal especie en Durango), Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos Nayarit, Nuevo León, Puebla, Tlaxcala, Veracruz. Entre sus Hospedantes se encuentra *Pinus arizonica*, *P. duranguensis*, *P. ayacahuite* var. *Brachyptera*, *P. engelmanni*, *P. hartwegii*, *P. Michoacana*, *P. montezumae* y *P. rudis*. Esta especie presenta una generación anual, los adultos emergen de diciembre a mayo, pero la mayoría salen en marzo y abril. Las hembras ovopositan en las semillas, insertando su ovopositor a través de las escamas de los conillos, después que la larva completa su desarrollo dentro de la semilla la destruye, dejándola completamente vacía. Puede provocar daños en la producción de semillas de 8 a 17 %. Se recomienda la aplicación de insecticidas sistémicos o de contacto poco antes de la emergencia de los adultos (Cibrián *et al.*, 1986; Cibrián *et al.*, 1995 y García y González, 2003).

Dioryctria rossi Munroe son palomillas de tamaño mediano, los colores de las alas tienen tonos de color café rojizo a gris, los adultos son de expansión alar de 22 a 34 mm, las larvas son de 30 mm de longitud, de cabeza café rojiza, con cuerpo café. Se distribuye al sur del estado de Durango. Sus hospederos son *P. arizonica* y *P. duranguensis*. Su ciclo de vida en México no se conoce, solamente se han colectado larvas en junio, cuyos adultos emergen en julio. Las larvas se alimentan de conos, causando su muerte o deformaciones. Es posible aplicarles insecticidas si se trata de huertos o áreas semilleras al principio de la primavera (Cibrián *et al.*, 1986; Cibrián *et al.*, 1995; Domínguez, 1988).

Larvas de *Cydia latisigna* Millar (Lepidoptera: Tortricidae), se ha reportado como barrenador en conos de *Pinus arizonica*, *P. engelmannii*, *P. ayacahite* y *P. cooperi*, su expansión alar va de 18 a 18 mm; las alas anteriores son de color café oscuro y se caracteriza por tener cuatro bandas claras plateadas de forma transversal. Las larvas son de color blanco y cabeza color ámbar: su daño no es visible desde el exterior (García y González, 2003).

Dioryctria pinicolella Amsel (Lepidoptera: Pyralidae) barrena conos, brotes, heridas en el tronco y en tumores producidos por la roya *Cronartium*, en *Pinus leiophylla*, *P. chihuahuana*, *P. cembroides* y *P. arizonica*. Su extensión alar va de 24 a 30 mm; las alas anteriores se caracterizan por presentar bandas blancas transversales en forma de zig-zag, en contraste con tono café grisáceo. La larva es de color verde con tonos rosáceos, y con puntos en el dorso. Las pupas de las palomillas tienden a tener color claro al inicio del periodo de reposo; cuando maduran, antes de emerger al adulto, son de color café castaño oscuro (García y González, 2003).

Haplothrips sp. (Thysanoptera: Phaeothripidae). Los trips son insectos de tamaño diminuto, apenas perceptibles a simple vista; su cuerpo es alargado y los adultos son de color negro, mientras que las ninfas son traslúcidas. Tienen un aparato raspador-chupador lo que permite que tanto las formas maduras e inmaduras del insecto pueden alimentarse de los fluidos presentes en los amentos masculinos, las flores femeninas y conillos, por lo cual se secan y caen prematuramente, afecta principalmente las estructuras recién formadas de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii*, *P. duranguensis*, *P. arizonica*, *P. ayacahuite* y *P. pseudostrobus* (García y González, 2003).

Tetyra bipunctata Herrich-Schäffer (Hemiptera: Scutelleridae) se le conoce como chinche apestosa, este insecto tiene hábito chupador. Los adultos tienen forma de escudo, de 1.1 a 1.5 cm de longitud, color café cobrizo oscuro, con motas grises y puntos negros, durante el estado ninfal y el estado adulto se alimenta de las semillas de los conos en desarrollo provocando el avanamiento parcial o total de las semillas de *P. cooperi*, *Pinus arizonica*, *P. engelmannii*, *P. ayacahuite*, *P. teocote* y *P. lomholtzii* (Ramírez, 1986 y García y González, 2003).

5.9.2.4 Insectos del follaje

Los insectos defoliadores de las acículas de los pinos pertenecen a tres órdenes principales Lepidóptera, Hymenóptera y Díptera, aunque también órdenes Coleóptera y Ortóptera pueden causar daño al follaje. Las especies registradas para Durango son *Pandeleteius maculicollis* Champion (Coleóptera: Curculionidae) o picudos que se

alimentan del follaje de *Pinus cooperi*, *P. arizonica* y *P. leiophylla*. *Lophocampa alternata* (Grote) y *L. cibriani* Beutelispacher (Lepidoptera: Arctiidae) son palomillas de color amarillo oro y cuerpo robusto; en estados larvales forman bolsas de seda, lo cual le da su nombre común, “gusano de bolsa del pino”. Se encuentran en *Pinus leiophylla*, *P. teocote*, *P. durangensis* y *P. arizonica* (García y González, 2003).

Coloradia euphrasyne y *Hyalophora cecropia* (L.). (Lepidoptera: Saturniidae) son palomillas desfoliadoras y se les puede encontrar en el estado de Durango. Ambas especies pueden alimentarse de acículas de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii*, *P. leiophylla* y *P. arizonica*. Las larvas tienen sobre su dorso, tubérculos visibles con setas y escolus; las larvas de *Coloradia* son de color café oscuro con setas negras, y la expansión alar de los adultos es de 45 a 65 mm de color grisáceo con tonos rosa. *Hyalophora* se caracteriza por tener larvas verde pálido, grandes y carnosas; el adulto es rojizo con bandas blancas; su expansión alar va de 89 a 95 mm (García y González, 2003).

Neodiprion fulviceps Cresson (Hym. Diprionidae), comúnmente se le llama “gusano escupidor”. En el cañón de San Lorenzo Saltillo, Coah. Se le encontró principalmente sobre *Pinus arizonica* las larvas se alimentan gregariamente en número de 30 a 60, en los extremos de las ramillas, comenzando desde la punta de las acículas de tal forma que la cabeza siempre está dirigida en ese sentido. La pupación ocurre en el suelo forestal entre la capa orgánica y el suelo mineral (Ramírez, 1986).

5.9.2.5 Insectos Chupadores de savia

Los insectos del orden Homóptera son los más evidentes de los insectos chupadores de savia de este grupo a través de las familias de Diaspididae, Margarodidae, Coccidae, Adelgidae, y Aphididae. Las escamas diaspídidas, adélgidos y los cóccidos muestran dimorfismo sexual, donde la hembra es sésil, áptera, y normalmente protegida por cera, y el macho es alado (García y González, 2003).

Chionaspis (= *Phenacaspis*) *pinifoliae* (Fitch) (Homóptera Diaspididae), es un insecto suave; la hembra tiene cuerpo ovalado y anaranjado-rojizo, el cual cubre con una escama cerosa que ella produce de color blanquecino; se adhiere a las acículas de

los pinos de donde se absorbe la savia, y al excretar produce miel que aprovechan los hongos para formar fumaginas. Esta afecta a *Pinus cooperi*, *P. engelmannii*, *P. arizonica*, *P. teocote*, *P. leiophylla*, *P. pseudostrobus*, *P. chihuahuana*, *P. cembroides* y *P. halepensis* (García y González, 2003).

Pineus sp. (Homoptera: Adelgidae) o pulgón lanígero tiene una cubierta abundante cerosa, bajo la cual esta el cuerpo ovalado y anaranjado-rojizo de la hembra; se adhiere a brotes, ramas y troncos de *Pinus arizonica*. *Matsucoccus* prob. *Vexillorum* Morrison (Homoptera: *Margarorididae*), donde las masas de hembras ovaladas cubiertas por cera dan una apariencia algodonosa sobre los brotes y fustes. Su distribución es restringida, sin causar muerte a las puntas de los brinzales y arbolado joven en masas de *Pinus arizonica* (García y González, 2003).

5.9.2.6 Insectos formadores de agallas

Los insectos que forman agallas en las acículas pertenecen al orden Díptera y Coléoptera, en su fase larval. Su incidencia es de importancia reducida. Las mosquitas de *Thecodiplosis sp.* (Díptera: Cecidomyiidae) en su fase larval son anaranjadas y se encuentran embebidas vivas dentro de resina fresca, sobre ramas y ramillas, así como formando agallas en las acículas, limitando su crecimiento. Se les ha encontrado en *Pinus cooperi*, *P. engelmannii*, y *P. arizonica* (García y González, 2003).

5.9.2.7 Insectos raiceros

Estos son insectos que se alimentan de plantas muertas y de toda clase de organismos descompuestos o en descomposición, entre estos se encuentra: *Polyphylla decemlineata* Say (Col. Scarabaeidae) “comúnmente llamado mayate rayado”. Adultos de esta especie fueron colectados en follaje de *Pinus arizonica*, alimentándose cerca de los rebrotes florales; se le encontró en el mes de junio. Este es un escarabajo muy vistoso de coloración café-verdosa con varias líneas blancas longitudinales en los élitros y parte superior del tórax. Mide aproximadamente 3 cm de largo por 1.5 cm de ancho y presenta antenas lameladas (Ramírez, 1986).

6 Análisis de la literatura revisada por temas

El tema descripción de la especie es más estudiado a consecuencia de que cuando se estudia las especies se describen los lugares de colecta y distribución, así también como de su variante de la especie dentro de las poblaciones (Cuadro 12), (51 citas bibliográficas =40.48%) referente a la descripción de *Pinus arizonica*, pero falta ampliar los temas sobre fenología.

Cuadro 12. Literatura encontrada referente al tema 1 Descripción de la especie *P. arizonica* Engelm.

Arroyo, 2001; Blanco, 1948; Borja *et al.*, 1995; Borja y Tamarit, 1997; Campos, 1993; Capo, 1972a; Capo, 1972b; Carrasco y Negrete, 1992; Castillo, 2003; Chacón *et al.*, 1989; Chacón, 1983; Farjon *et al.*, 1997; Farjon y styles, 1997; Flores, 1977; Flores, 2003; Forest Service, 1948; García y González, 1991; García y González, 2003; García, 1989; González, 1988; Hernández, 1994; INEGI, 2003; Islas y Mendoza, 1992; Johnston, 1943; Juárez, 1977; Krugmam y Jenkinson, 1974; López, 2001; López, *et al.*, 1990; Machuca, 2003; Martínez, 1979; Martínez, 1948; Mirov, 1961; Mirov, 1967; Narváez, 1993; Orta y Juárez, 1977; Orta y Juárez, 2000; Patiño, 1973; Pérez y Olvera, 1981; Perry, 1991; Ramírez, 1902; Rodríguez, 1996; Rzedowski, 1978; Sargent, 1992; SEMARNAT, 2001; Shaw, 1909; Villarreal, 1994; Villarreal, 2001; Young y Young, 1992; Zarzosa, 1950; Zavala, 1990; Zepeda *et al.*, 1990.

Es posible que se hallan realizado demasiados trabajos sobre viveros e invernaderos, pero pueda que muy pocos de los trabajos se hayan escrito y publicado, esto puede ser debido a que la producción de plantas solo se realiza como una rutina poco importante, esto se refleja en la poca bibliografía encontrada (22 citas bibliográficas = 17.46%). Se debe considerar que para la producción de planta de buena calidad, se requiere demasiado cuidado ya que de la producción de planta de buena calidad depende el éxito de las plantaciones y reforestaciones que se lleven

acabo. La especie presenta buena adaptabilidad y crecimiento en los rodales naturales de su distribución, pero debido a la deforestación que presenta los bosques, se requiere realizar trabajos de reforestación y de plantaciones forestales, y entonces si se tendrán que producir planta de buena calidad. Referente a la producción de semillas los silvicultores solo buscan la manera de encontrar la suficiente para solventar las demandas, pero pocos se preocupan por crear áreas o huertos semilleros, con el fin de obtener semilla de buena calidad. Solo se encontró un trabajo relacionado sobre trabajos de tratamiento de escarificación de *Pinus arizonica*. A si también no existen trabajos de conservación y almacenamiento de semillas y la bibliografía referente a propagación vegetativa fue demasiado deficiente; así también no se encontraron trabajos relacionados con el control sanitario y a las labores culturales (Cuadro 13).

Cuadro 13. Literatura encontrada referente al tema 2 Manejo del vivero.

Alarcón *et al.*, 1992; Alarcón y Ramón 1997; FAO. 1956; FAO. 1975; Forest Service, 1948; Hernández, 1954; Mendoza, 1992; Meraz, 1999; Narváez, 2000; Olivas, 1985; Ortega, 1996; Ortega y Orta, 2001; Patiño *et al.*, 1983; Patiño, 1973; Perry, 1991; Quijada, 1980; Salmón, 1980; Vásquez, 1991; Vásquez y Olivas 1991; Villarreal, 1991; Youn y Young, 1992; Zarzosa, 1975.

El tema manejo de plantación Cuadro 14 es poco estudiado, el conocimiento sobre aprovechamientos forestales es prioritario para los forestales y las plantaciones se encuentran en segundo plano, esto es debido a que consideran que el volumen maderable aprovechable a un es demasiado bueno actualmente y que la especie tiene un área demasiado grande de distribución, por lo tanto los manejadores y las dependencias con visión forestal no se han preocupado para conservar la especie en su área de distribución natural ya que la especie ha sido y sigue seriamente explotada irracionalmente. Al igual que en la fenología, la mayoría de los silvicultores solo tratan de buscar semilla de donde puedan sin preocuparse para la creación de áreas semilleras. La bibliografía encontrada sobre este tema se considera deficiente (4 citas bibliográficas =3.17%). No se encontraron trabajo relacionados con la preparación del

terreno, transporte de la planta, protección de la plantación y mantenimiento. Estas actividades son básicas y necesarias para el buen manejo de la plantación.

Cuadro 14. Análisis de la literatura referente al tema 3 Manejo de la Plantación.

Armendáriz y Chacón, 1999; Cibrían *et al.*, 1989; Nájera, 1983; Samano, 1995.

En cuanto al tema sobre genética cuadro 15 se encuentra poca bibliografía, al igual que en el tema de Plantaciones (16 citas bibliográficas =12.70%) es muy escasa, debido a la falta del conocimiento de las propiedades, características de crecimiento, adaptabilidad y resistencia de la especie, no se logra apreciar y valorar a consecuencia de la falta de estudios sobre la misma ya que pocos se interesan en conocerla más ampliamente.

Cuadro 15. Literatura referente al tema de 4 Genética.

CAMCORE, 2004; Epperson *et al.*, 2003; Epperson *et al.*, 2001; Farjon y Styles, 1997; Flores, 1999; Flores, 2001; Martínez, 1948; Mirov, 1961; Mirov, 1967; Narváez, 1993; Ortega y Orta, 2001; Ortega, 1998; Rehfeldt, 1993; Rodríguez, 1996; Rodríguez y Capó, 2005; Santiago, 2004.

El tema sobre silvicultura Cuadro 16 es muy estudiado a consecuencia de los aprovechamientos forestales que se han presentado principalmente en el estado de Chihuahua (33 citas bibliográficas =26.20%). Para fines de aprovechamiento forestal se cuenta con buenos trabajos realizados que sirven de apoyo para los manejadores, tales como tablas de volúmenes, elaboradas por regiones y por predios, trabajos sobre guías de densidad, modelos de crecimiento y mortalidad. Pero en lo que respecta a plagas es un tema conocido, pero poco profundizado, ya que no se conocen suficientes medidas para contrarrestar el ataque de plagas y enfermedades, al igual que el tema sobre incendios forestales.

Cuadro 16. Literatura referente al tema 5 Silvicultura.

Aguirre y Winter, 1989; Alanís y Návar 1995; Alanís, 1995; Alanís, *et al.*, 1993; Armendáriz *et al.*, 2003; Barton *et al.*, 2001; Castillo, 2003; Cumplido, 2002; Chacón, 1983; Chacón y Cano, 1998; Chacón y Velásquez, 1993; Chávez, 1996; Cibrian *et al.*, 1986; Cibrian *et al.*, 1995; Cibrián *et al.*, 1989; Cumplido, 2002; Domínguez, 1988; Fernández y Flores, 1999; Flores, 2003; García *et al.*, 1998; García y González, 2003; Gonzáles, 1988; Islas y Mendoza, 1989; Islas, 1987 y 1992; Pérez, 1990; Ramírez, 1986; Rodríguez, 1983; Johnston, 1943; Samano, 1995; Juárez y Pando, 1993; Zepeda *et al.*, 1994; Zepeda y Domínguez, 1998.

El trabajo elaborado cuenta con 103 bibliografías, pero cuando se recopiló información el número de citas se incremento a 126, esto es debido a que existen autores que abarcan en sus estudios uno o más temas de los que en este trabajo se consideraron.

III LITERATURA CITADA

- Aguirre B., C. y S. A. Winter. 1989. A growth and yield parameter recovery model for *Pinus cooperii* in Northern Mexico. *In: Multiresource Management of Ponderosa Pine Forests*. United States Department of agriculture. Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Fort Collins, Colorado 80526. General Technical Report RM-185. Flagstaff, Arizona. p. 42-47.
- Alanís M., H. E. 1995. Efecto de quemas prescritas en el escurrimiento del suelo en un rodal de *Pinus arizonica* Engelm. en Madera Chihuahua. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 81 p.
- Alanís M., H. E., J. de J. Návar C. 1995. Evidencia de escurrimientos subsuperficiales en un rodal de *Pinus* en Madera, Chihuahua. *In: II Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales*. Resúmenes de ponencias. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A. C. Montecillo, México. p. 55.
- Alanís M., H. E., M. Cano. R. y J. Sánchez C. 1993. Efecto de tres intensidades de fuego en el escurrimiento superficial en un rodal de *Pinus arizonica* Engelm. *In: I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales*. Resúmenes de Ponencias. Saltillo, Coahuila. p.61.
- Alarcón B., M. y A. R. Román J. 1997. Respuesta de tres especies de pino a distintas proporciones de N-P-K en la fertilización en invernadero. *In: III congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales*. Sociedad Mexicana de Manejo de Recursos forestales, A.C. Resúmenes de Ponencias. Linares, Nuevo León. p.117.
- Alarcón B., M., L. Iglesias G. y R. Armendáriz O. 1992. La producción de planta de pino en vivero bajo diversos tratamientos, para reforestaciones comerciales. *In: Memoria del Simposio sobre Reforestación Comercial*. INIFAP. Chihuahua Chihuahua. Coyoacan, D.F., México. pp. 115-129.
- Armendáriz O., R. y J. M. Chacón. 1999. Caracterización de una plantación de *Pinus arizonica* Engelm; en el municipio de Bocoyna, Chihuahua. Folleto Técnico número 9. INIFAP, CIRCO, Campo Experimental Madera, SAGAR. Ciudad Madera, Chihuahua. 26 p.
- Armendáriz O., R., A. Quiñones C., P. Juárez T., M. Cano R., H. O. Rubio A. y J. Rentarías A. 2003. Elaboración de tablas de volúmenes mediante análisis troncales, en cinco regiones forestales del estado de Chihuahua. *In: VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. Resúmenes de Memorias. Sociedad Mexicana de recursos forestales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía. San Luis Potosí, S.L.P. p. 45-46.

- Arroyo., P. M. 2001. Variación de la densidad de la madera de *Pinus arizonica* Engelm. de la Sierra Tarahumara, Chihuahua. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 62 p.
- Barton A. M., T. W. Swetnam y C. H. Baisan. 2001. Arizona pine (*Pinus arizonica*) stand dynamics: local and regional factors in a fire-prone madrean gallery forest of Southeast Arizona, USA. *Landscape Ecology* 16:351-369.
- Blanco, C. E. 1949. *Pinus cooperi* C. E. Blanco, sp. nova. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional de México.* 20:183-187.
- Borja de la R. A., R. Flores V., J. R. Cruz D. y J. C. Tamarit U. 1995. Estudio de maquinado de dos especies de pinos (*Pinus arizonica* Engelm. y *Pinus cooperi* Blanco) del estado de Durango. *In: II Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A. C. Resumen de Ponencias. Montecillo, México. p. 82.*
- Borja de la R, A. y J. C. Tamarit U. 1997. Propiedades tecnológicas de la madera de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Durango, México. *Revista Chapingo* 3 (1):103-109.
- Campos D., J. L. 1993. Claves para la determinación de los pinos mexicanos. *Apoyos académicos No. 22. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. 70 p.*
- CAMCORE. 2004. Developments in the cooperative. *Camcore Annual Report. International Tree Conservation and Domestication. North Carolina State University, Raleigh, USA. 37 p.*
- Capó A., M. A. 1972a. Observaciones sobre la taxonomía y la distribución de las coníferas de Nuevo León, México. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México. 190 p.
- Capó A., M. A. 1972b. Notas para la colecta de coníferas en Nuevo León. *Bosques.* 9(4):30-36.
- Carrasco P. R. y F. Negrete L. 1992. Avances preliminares de un ensayo de adaptación de seis especies forestales, en el estado de Chihuahua. *In: Memoria del simposio sobre Reforestación Comercial. INIFAP. Chihuahua, Chihuahua. Coyoacán, D.F., México. pp. 318-323.*
- Castillo L., P. 2003. Encinares de la sierra de Álvarez, S. L. P.: caracterización y dinámica. Tesis de Maestría en Ciencia Forestales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 122 p.
- Cibrián T. D., B. H. Ebel, H. O. Yates III y J. T. Méndez M. 1986. Insectos de conos y semillas de las coníferas de México. U. A. Ch. SARH. USDA. Forest Service. UACH., México. 110 p.

- Cibrián T. D., J. T. Méndez M., R. Campos B., H. O. Yates III y J. E. Flores. Lara. 1995. Insectos forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre de la SARH, México. USDA, Forest Service. Natural Resources Canada, Canada. Comisión Forestal de América del Norte, FAO. Publicación Número 6. Chapingo, México. 453 p.
- Cibrián T. D., M. M. Furmiss y A. Olivo. 1989. Insectos y patógenos de importancia para el manejo de bosques en el norte del estado de Chihuahua. *In: V simposio sobre parasitología forestal. Resúmenes de ponencias.* Sociedad Mexicana de Entomología, A. C., Academia Nacional de Ciencias Forestales, A. C., Escuela superior de Agricultura Hermanos Escobar, Secretaría de agricultura y Recursos Hidráulicos. Cd. Juárez Chihuahua. 81 p.
- Cumplido O., R. 2002. Tablas de volúmenes y de incrementos para tres especies del género *Pinus* de tres predios del estado de Chihuahua, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales Chapingo, Texcoco, Edo. De México. 114 p.
- Chacón S., J. M. 1983. Regeneración mediante árboles padres de *Pinus arizonica*. *Ciencia Forestal.* 8 (42):3-20.
- Chacón S., J. M. y A. Velázquez M. 1993. Factores y criterios de evaluación de la regeneración natural: un estudio de caso en *Pinus arizonica*. *In: I Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales. Resúmenes de Ponencias.* Saltillo, Coahuila. p.58.
- Chacón S., J. M. y M. Cano R. 1998. Estructuras arbóreas de la región de San Juanito-Creel y su comportamiento. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Norte. Campo experimental Madera. Folleto científico No. 8. Cd. Madera Chihuahua, México. 32 p
- Chacón S., J. M., H. Manzanilla B y V. M. Cano G. 1989. El bosque virgen, un caso en el estado de Chihuahua. *Ciencia Forestal.* 14 (66): 1-15.
- Chávez O., P. 1996. Estudio de la regeneración de *Pinus arizonica* Engelm., en el campo experimental "Madera", Chihuahua. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 63 p.
- Domínguez M., V. M. 1988. Plagas de un bosque de *Pinus* en la región norte del estado de Guerrero. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 105 p.
- Epperson B. K., F. W. Telewski., A. E. Plovanich-Jones y J. E. Grimes. 2001. Clinal differentiation and putative hybridization in a contact zone of *Pinus ponderosa* and *P. arizonica*. *American Journal of Botany* 88 (6):1052-1057.

- Epperson B. K., M. G. Cheng. y F. W. Telewski. 2003. Spatial pattern of allozyme variation in a contact zone of *Pinus ponderosa* and *P. arizonica* (Pinaceae). *American Journal of Botany* 90(1):25-31.
- FAO. 1956. Cuaderno de Fomento Forestal No.5 Notas Sobre Semillas Forestales. FAO. Roma, Italia. 370 p.
- FAO. 1975. Catalogo de semillas forestales. FAO. Roma, Italia. 283 p.
- Farjon, A. y B. T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). *Flora Neotropica Monograph* 75. New York Botanic Garden. Bronx, New York. 291 p.
- Farjon, A., J. A. Pérez de la Rosa y B. T. Styles. 1997. A field guide to the pines of Mexico and Central America. The Royal Botanic Gardens, Kew. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. pp. 14-129.
- Fernández R., R. y C. Flores L. 1999. Guía de densidad para *Pinus arizonica* Engelm. en Bocoyna Chihuahua. *In: IV congreso mexicano sobre recursos forestales. Sociedad mexicana de recursos forestales, A. C., Instituto de Silvicultura e Industrial de la madera "Universidad Juárez del estado de Durango. Durango, Dgo., México. pp. 67-68.*
- Flores C., E. 1977. Importancia de la humedad de invierno en el desarrollo de los árboles y en la cosecha de maíz en Chihuahua. *México y sus Bosques*. 16(4):19-28.
- Flores C., J. A. 2003. Aspectos estructurales y ecológicos de los pinares de la sierra de Álvarez, San Luis Potosí. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 98 p.
- Flores L., C. 1999. Establecimiento de rodales y áreas semilleras en el estado de Chihuahua, México. *In: II Simposio Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. CATIE-PROSEFOR, IUFRO, DFSC, Dirección General Forestal (República Dominicana). Santo Domingo, República Dominicana. pp. 53-60.*
- Flores L., C. 2001. Árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. en el estado de Chihuahua, México. *In: III Simposio Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. Mérida, Venezuela. Revista Forestal Latinoamericana*. 16 (30): 41-51.
- Forest Service. 1948. Woody-plant seed manual. Department of Agriculture. Forest service. United States Government Printing Office, Washington, D. C. Publication No. 654. 416 p.
- García V., E. R. 1986. Flora del área experimental forestal Madera. *Ciencia Forestal*. 11 (60): 1-20.
- García A. A. y S. González. E. 1991. Flora y vegetación de la cima del cerro Potosí, Nuevo León, México. *Acta Botánica Mexicana*. 13: 53-74.

- García A. A. y S. González. E. 2003. Pináceas de Durango. Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional Forestal. México. Segunda edición. 187 p.
- García M., P., A. Velásquez M., H. Ramírez M., C. Rodríguez F. y E. Serrano G. 1998. Sistema de cubicación para el género *Pinus* en la UCODEFO número. 7 "Norogachi-Guachochi", Chihuahua. *Ciencia Forestal* 23(83):53-66.
- González G., H. J. 1988. Determinación de calidades de estación para *Pinus arizonica* Engelm. y *Pinus durangensis* Martínez, en el área experimental forestal Madera, Chihuahua. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 70 p.
- Hernández T., M. 1994. Estudio comparativo de la madera juvenil y la madera dura en *Pinus arizonica* en la región de Guanacevi, Durango. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 86 p.
- INEGI. 2003. Anuario estadístico del estado de Chihuahua INEGI. México. 423 p.
- Islas G., F. 1987. Un modelo de regeneración y Mortalidad para *Pinus arizonica* Engelm. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 82 p.
- Islas G., F y M. A. Mendoza B. 1992. *Arizonica*, modelo de simulación silvícola para *Pinus arizonica* Engelm. *Agrociencia*. 2 (2): 77 - 91.
- Islas, G. F y M. A. Mendoza B. 1989. Modelos de regeneración y mortalidad para *Pinus arizonica*. *Ciencia Forestal*. 14 (66): 34-44.
- Johnston, I. M. 1943. Plantas de Coahuila. Este de Chihuahua y regiones adyacentes de Zacatecas y Durango. Editada Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila, México. *Journal of The Arnold Arboretum*. Vol. XXIV. México. 241 p.
- Juárez C., S. 1977. La silvicultura en bosques templado-fríos de la unidad industrial de explotación forestal de Atenquique. México y sus Bosques. 16 (4): 3-5.
- Juarez T., P y M. Pando O. 1993. Regla metrica cifonor-Chihuahua. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigación Regional Norte-Centro. Campo Experimental Madera. Folleto Técnico número 4. Cd. Madera, Chihuahua, México. 9 p.
- López V., E. 2001. Factores ambientales asociados a la distribución de *Pinus arizonica* Engelm. en la región Tarahumara, Chihuahua, utilizando sistemas de información geográfica. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 76 p.
- López, V. E., A. Zárate L. y C. Flores L. 2001. Factores asociados a *Pinus arizonica* Engelm. en Chihuahua, utilizando sistemas de información geográfica. *In: V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Resúmenes de ponencias.*

- Universidad de Guadalajara CUCBA, Departamento de producción Forestal y Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A. C. Guadalajara, Jalisco, México. 449 p.
- Machuca V., R. 2003. Estudio de permeabilidad de 9 especies de madera mediante la impregnación de tres preservadores a presión e inmersión. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 95 p.
- Martínez, M. 1948. Los pinos Mexicanos. 2ª. Edición. Ed. Botas. México 361 p.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas Mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. pp. 728-731.
- Meraz G., G. 1999. Análisis y tratamientos pregerminativos en semillas de *Pinus arizonica* Engem. y *Pinus durangensis* Martínez. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Texcoco, México. 75 p.
- Mirov, N. T. 1961. Composition of gum turpentines of pines. Pacific Southwes Forest and Range Experiment Station U. S. Departament of Agriculture, Forest Service, United States Department of Agriculture. Technical Bulletin No. 1239. 189 p.
- Mirov, N. T. 1967. The genus Pinus. The Ronal Press Company. New York. USA. 602 p.
- Nájera D., A. 1983. Ensayo de adaptación de seis especies de *Pinus* en la Sierra de San José de Boquilla, N. L. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo, Coahuila, México. 66 p.
- Narváez F., D. 1993a. Mortalidad de conos y semillas de *Pinus arizonica* Engelm. en una área semillero. In: I Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales. Resúmenes de Ponencias. Saltillo, Coahuila. pp.33.
- Narváez F., R. 1993b. Suelo - calidad de estación en el área experimental forestal Madera, Chihuahua. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigación Regional del Norte Centro. Campo Experimental Madera. Folleto científico No. 2. Cd. Madera, Chihuahua, México. 31 p.
- Narváez F., R. 2000. Estimación de la cosecha de semilla de *Pinus arizonica* Engelm, con base a la producción de conos, en la región de Madera, Chihuahua. Instituto Nacional De Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigación Regional del Norte Centro. Campo Experimental Madera. Folleto Científico No. 12. Cd. Madera, Chihuahua, México. 27 p.
- Olivas., G. J. M. 1985. Ensayo de cinco especies de *Pinus* en tres tamaños de envases durante la etapa de vivero. Tesis profesional. U. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 83 p.
- Orta G., V. R. y P. Juárez T. 2000. Cuantificación y clasificación de desperdicios generados en la industria de aserrío de la región de bosque modelo Chihuahua.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. Centro de Investigación Regional del Norte-Centro. Campo Experimental Madera. Folleto Técnico No. 13. Cd. Madera, Chihuahua, México. 21 p.

- Ortega C. C. y V. R. Orta. G. 2001. Diagnóstico de áreas y rodales semilleros, y árboles superiores en el estado de Chihuahua. SAGARPA. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Norte y Centro. Campo Experimental Madera. Folleto Técnico No. 16. 37 p.
- Ortega C. C. y V. R. Orta. G. 2001. Experiencias en injertos con dos especies de pino en el estado de Chihuahua. *In*: VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Resúmenes de Memorias. Sociedad Mexicana de recursos forestales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía. San Luis Potosí, S.L.P. pp. 265-266.
- Ortega, C. C. 1996. Producción, cosecha y manejo de semillas de tres especies forestales en la Región Norte de México. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Madera, México. Folleto técnico No 6. 38 p.
- Ortega, C. C. 1998. Variación de la altura en plántulas de *Pinus arizonica* Engelm. en un área semillera. *In*: XVII Congresos de Fitogenética. Memoria. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Universidad Autónoma de Guerrero. Acapulco, Gro. Méx. pp. 43.
- Patiño V, F., P de la Garza., Y. Villagómez A., I. Talavera A y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. INIF. Boletín técnico No. 63. México D. F. 190 p.
- Patiño, V. F. 1973. Floración, fructificación y recolección de conos y aspectos sobre semillas de *Pinus* mexicanos. *Bosques y Fauna*. 10 (4): 20-30.
- Pérez O., C. y P. Olvera. C. 1981. Anatomía de la madera de 16 especies de coníferas. INIF. Boletín técnico No. 69. México D. F. 111 p.
- Pérez V., G. 1990. Determinación de índices de sitio para *Pinus arizonica* Engelm en la región Noroeste del estado de Durango. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 92 p.
- Perry, J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Ed. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
- Ramírez D., J. A. 1986. Aportaciones al estudio de la entomofauna asociada al bosque de coníferas del cañón de San Lorenzo, Saltillo, Coah. Tesis profesional. Universidad Autónoma agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 155 p.
- Ramírez, J. 1902. Sinonimia vulgar y científica de las plantas mexicanas. Instituto Medico Nacional de México, sección 1ª. Ed. Oficina Tipográfica de la Secretaria de Fomento. México, D.F. 160 p.

- Rehfeldt G., E. 1993. Genetic variation in the Ponderosae of the Southwest. *American Journal of Botany*. 80(3): 330-343.
- Rodríguez A., A. 1983. Muerdago enano sobre *Abies*, *Pinus*, y *Pseudotsuga* de México. *Ciencia Forestal*. 8(45):7-45.
- Rodríguez L., R. 1996. Variación morfológica en algunas poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engelm. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 61 p.
- Rodríguez L., R. y M. A. Capo A. 2005. Morfología de acículas y conos en poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engelm. *Ra Ximhai*. 1 (1):131-152.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa. 432 p.
- Salmón M., J. J. 1980. Influencia de la precipitación invernal en el crecimiento en altura de *Pinus* del grupo ponderosa en Chihuahua. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 149 p.
- Samano D., J. L. 1995. Sobrevivencia y crecimiento de cinco especies de *Pinus* establecidas en el invierno y bajo diferentes tratamientos a la vegetación en la sierra de Arteaga. Tesis Profesional UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 84 p.
- Santiago P., R. 2004. Variación fenotípica en árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. en Chihuahua. Tesis Profesional UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 56 p.
- Sargent, C. S. 1922. *Manual of the trees of North America (exclusive of Mexico)*. 2ª. ed. Dover publications inc. New York. Volumen 1. 910 p.
- SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-2001. Protección ambiental- especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 6 de marzo, Segunda edición. México 81 p.
- Shaw, G. R. 1909. The pines of Mexico. *Journal of The Arnold Arboretum*. No.1. Boston, Mass, USA. 30 p.
- Vázquez T., A y J. M. Olivas G. 1991. Ensayo de cuatro métodos de injerto y tres tipos de cubierta como protección al medio ambiente para la propagación de *Pinus arizonica* Engelm. *In: XIII Reunión México-Norteamericana de ingenieros forestales*. Asociación Mexicana de profesionales forestales A. C. Chihuahua, México. pp. 10-18.
- Vázquez T., A. 1991. Ensayo de cuatro métodos de injerto y tres tipos de cubierta como protección del medio ambiente para la propagación de *Pinus arizonica* Engelm. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chihuahua. Cd. Delicias, Chihuahua. 144 p.

- Villarreal G., R. 1981. Comportamiento de *Pinus arizonica* Engelm. en invernadero y vivero a la intemperie. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. Chapingo, Méx. 77 p.
- Villarreal Q., J. A. 2001. Listados florísticos de México-XXIII, Flora de Coahuila. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 138 p.
- Villarreal Q., J. A. 1994. Flora vascular de la Sierra la Paila, Coahuila, México. SIDA. 16(1): 109-138.
- Young J., A. y C. G. Young. 1992. Seeds of woody plants in North America. Ed. Dioscorides Press. Portland, Oregon, USA. 407 p.
- Zarzosa L., O. 1950. Botánica forestal. Editorial U.N.A.Ch., Chapingo, México. 205 p.
- Zarzosa R., F. O. 1975. Influencia de dos tipos de sustratos en el desarrollo de *Pinus arizonica* Engelm. en vivero. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional De Agricultura. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. Chapingo, Méx. 72p.
- Zavala C., F. 1990. Clave para la identificación de especies de *Pinus* de México: un enfoque sistemático. Universidad Autónoma Chapingo. Serie de apoyo académico no. 41. Texcoco, México. 39 p.
- Zepeda B., E. M. y A. Domínguez P. 1998. Niveles de incremento y rendimiento maderable de poblaciones naturales de *Pinus arizonica* Engelm., de El Poleo, Chihuahua. Madera y Bosques 4(1):27-39.
- Zepeda B., E. M., S. Veruette B. y S. Esparza P. 1994. Ecuación para estimar el volumen fuste total, rollo total árbol, ramaje y coeficientes mórficos de tres especies de pino del Noroeste de Chihuahua. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Serie de Apoyo académico No. 49. Texcoco, Méx. 37 p.
- Zepeda B., E. M., S. Veruette B., O. Estrada M. y S. Esparza P. 1990. Curvas polimórficas de índice de sitio de edad base invariante, para tres especies de pino del noreste de Chihuahua. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Boletín técnico No. 25. Méx. Texcoco. 33 p.
- Zepeda B., M. y A. Domínguez P. 1997. Ecuaciones de ahusamiento para tres especies de pino, del ejido "El Largo", Chihuahua. En: III Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales. Sociedad Mexicana de Manejo de Recursos Forestales, A.C. Resúmenes de ponencias. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Linares, Nuevo León. p. 43.