

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Crecimiento y Estructura de Copa en Tres Procedencias de
Pinus cembroides Zucc. en Los Lirios, Arteaga, Coahuila

Por:

EDUARDO NÚÑEZ ÁLVAREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Crecimiento y Estructura de Copa en Tres Procedencias de
Pinus cembroides Zucc. en Los Lirios, Arteaga, Coahuila

Por:

EDUARDO NÚÑEZ ÁLVAREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría

M.C. Salvador Valencia Manzo
Asesor Principal



DEPARTAMENTO FORESTAL

Dr. Celestino Flores López
Coasesor

M.C. Aniseto Díaz Balderas
Coasesor

Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2016

DEDICATORIA

A mis padres:

María Olga Álvarez Ambriz y Eduardo Núñez Álvarez:

¡Con todo mi amor!

Por darme la vida y fundamentalmente por inculcarme los valores que ahora poseo.

Por los sacrificios y esfuerzo que han hecho, he logrado terminar mi carrera de Ingeniero Forestal donde la fuerza que me ayudó a conseguirlo fue su apoyo, confianza y comprensión sin ustedes no sería lo que soy.

A mis Hermanos:

María Aurelia Núñez Álvarez y José Núñez Álvarez

Por la amistad que formamos desde la infancia, por motivarme a ser mejor cada día y siempre apoyarme en lo que se pueda. Siempre tendrán a un hermano y sobre todo un amigo. 😊

A mi sobrina:

Laila Yumara Ramírez Núñez

Por toda la alegría y energía que ha brindado desde su llegada a nuestra vida.

A mis abuelos:

***Rafaela Cuevas Salceda †
Emerardo Núñez Torres***

***María Álvarez Cortez †
Ramón Álvarez Regalado †***

Por el cariño y amor brindado en sus momentos e inspirarme a ser una mejor persona.

A mis tías y tíos, primas y primos por el apoyo brindado durante mi formación

A todas aquellas personas que directamente o indirecta, con sus buenas o malas acciones influyeron en el proceso de formación de lo que ahora soy.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por permitirme asistir a sus aulas y así poder formarme profesionalmente.

Al Centro de Educación y Capacitación Forestal N° 1. Dr. Manuel Martínez Solórzano. Por brindarme la oportunidad de introducirme a lo que es la carrera de Ingeniero Forestal.

M. C. Salvador Valencia Manzo. Por asesorarme durante el trabajo de tesis, así como su orientación y apoyo durante la carrera, además por la amistad brindada, sobre todo por sus consejos y anécdotas que siempre serán bienvenidas.

Dr. Celestino Flores López. Por su aportación en la elaboración y revisión de este documento, así como su aportación en mi formación académica.

M.C. Aniseto Díaz Balderas. Por sus consejos durante mi formación académica y por su valiosa revisión de este trabajo.

Madrina Maura Hernández Arellano. Por la compañía brindada, alegría y amor brindado a la familia.

A HUNAB-KU, por brindarme su amistad y apoyo, para hacer de mí una mejor persona.

Al Ing. Felipe Malacara Rodríguez, a la Lic. Yesica del Carmen González Ortiz, Dr. Iliana Hernández Javalera, Martha Francisca Malacara Rodríguez y sus respectivas familias, las cuales me brindaron la confianza, alegría, amor, y con quien contar en las buenas y malas.

Los maestros del programa docente de la carrera de ingeniero forestal, por sus consejos durante mi formación como profesionista.

A los compañeros de la carrera Ingeniero Forestal y demás carreras por su amistad brindada durante su estancia en la Universidad. Así como los buenos recuerdos generados en prácticas, momentos de convivencia, locura y diversión.

CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| ÍNDICE DE CUADROS | ii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | iii |
| RESUMEN | iv |
| 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Objetivo | 4 |
| 1.2 Hipótesis | 5 |
| 2 MATERIALES Y MÉTODOS | 6 |
| 2.1 Descripción del área de estudio | 6 |
| 2.2 Antecedentes de la plantación experimental | 7 |
| 2.3 Variables a evaluar | 10 |
| 2.4 Registro de datos en campo | 10 |
| 2.5 Procesamiento estadístico | 13 |
| 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 15 |
| 3.1 Análisis de Varianza | 15 |
| 3.2 Valores promedio por procedencia | 18 |
| 3.2.1 Supervivencia | 18 |
| 3.2.2 Crecimiento | 20 |
| 3.2.3 Estructura de copa | 23 |
| 3.3 Promedios de las variables evaluadas | 25 |
| 3.3.1 Supervivencia | 26 |
| 3.3.2 Crecimiento | 27 |
| 3.3.3 Estructura de copa | 30 |
| 4 CONCLUSIONES | 34 |
| RECOMENDACIONES | 35 |
| LITERATURA CITADA | 36 |
| ÁPENDICE | 42 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Página |
|--|--------|
| Cuadro 1. Localización geográfica, tipo de suelo y uso de suelo, clima, vegetación, precipitación y temperatura de las tres procedencias utilizadas en el ensayo de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. | 8 |
| Cuadro 2. Variables evaluadas de las tres procedencias utilizadas en el ensayo de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. | 10 |
| Cuadro 3. Probabilidades para el efecto de procedencias del análisis de varianza en el ensayo de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. | 15 |
| Cuadro 4. Resultados de los análisis de varianza para diversos ensayos de procedencias realizados en México. | 17 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| Figura 1.Ubicación geográfica del área del estudio de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coahuila..... | 6 |
| Figura 2.Croquis de la plantación del ensayo de tres procedencias de <i>Pinus cembroides</i> Zucc., en el CAESA, Arteaga, Coah. (Adaptado de Lucio, 2011)..... | 9 |
| Figura 3.Separación de medias (prueba de Tukey) para las distintas evaluaciones en sobrevivencia realizadas en la plantación de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. | 19 |
| Figura 4.Separación de medias (prueba de Tukey) para las distintas evaluaciones en altura realizadas en la plantación de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. | 20 |
| Figura 5.Separación de medias (prueba de Tukey) para las distintas evaluaciones en diámetro basal realizadas en la plantación de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. | 21 |
| Figura 6.Separación de medias (prueba de Tukey) para las distintas evaluaciones en el diámetro de copa realizadas en la plantación de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. | 23 |
| Figura 7.Separación de medias (prueba de Tukey) realizada en distintas edades para el área de copa en una plantación de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah..... | 24 |
| Figura 8.Separación de medias (prueba de Tukey) para las distintas evaluaciones en número de verticilos realizadas en la plantación de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. | 25 |

RESUMEN

Pinus cembroides es una especie de importancia económica por la producción de piñón, ecológica para restauración de sitios degradados por su fácil adaptabilidad a áreas con suelos pobres y a la sequía, por la belleza escénica para el establecimiento en área recreativas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la sobrevivencia, variables de crecimiento y de estructura de copa de un ensayo de tres procedencias de *P. cembroides*, establecida en Los Lirios, Arteaga, Coah.

El ensayo fue establecido en junio de 1992 con un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y parcelas de 48 plantas. Las tres procedencias utilizadas son: Concepción del Oro, Zac., Mazapil, Zac. y Saltillo, Coah. La evaluación se realizó a los 23 años de establecido el ensayo para 15 variables de interés: sobrevivencia (SOB); cuatro variables de crecimiento, Altura (HT), diámetro normal (DN), diámetro basal (DB) y área basal por hectárea (AB ha⁻¹); y nueve variables de estructura de copa, diámetro de copa (DC), área de copa por hectárea (ACHa⁻¹), número de verticilos (NV), número de fustes (NF), rectitud del fuste (RF), bifurcación (BIF), número de ramas (NR), diámetro de las ramas (DR), ángulo de la ramas (AR) y número de conos (NC). Se realizaron análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas, cuando hubo diferencias estadísticas se realizaron pruebas Tukey de separación de medias.

La procedencia Concepción del Oro fue superior en sobrevivencia con un 88 %. Para las variables de crecimiento, Mazapil mostró ser superior en todas la variables (HT = 4 m, DB = 101.4 mm, DN = 65.1 mm y AB ha⁻¹ = 7.19 m²). En cuanto a las variables de estructura de copa las procedencias de Mazapil y Saltillo fueron superiores a Concepción del Oro en la rectitud del fuste. En el resto de las variables no se presentó diferencia estadística entre las procedencias.

Palabras clave: *Pinus cembroides*, ensayo de procedencias, sobrevivencia, variables de crecimiento, variables de estructura de copa, numero de conos.

Correo electronico; Eduardo Núñez Álvarez, Eduardo_uaaan@outlook.es

1 INTRODUCCIÓN

Los bosques de pino son un recurso de importancia por la demanda de madera, y su facilidad de aprovechamiento, por el rápido crecimiento de muchas de sus especies y sobre todo por las grandes extensiones de distribución y el buen desarrollo que ellos presentan en el país (Rzedowski, 2006), por lo que el manejo forestal exige suficientes bases técnicas para fundamentar la planeación, ejecución y proyección de los aprovechamientos forestales, para que se garantice un rendimiento sostenible, la permanencia y fomento del recurso (Velarde, 2002).

El *Pinus cembroides* Zucc. no es una especie de importancia por sus aprovechamientos maderable de aserrío de grandes dimensiones (Eguiluz, 1978), es la especie del género *Pinus* con mayor distribución en México, se encuentra en 19 estados formando rodales puros en la Sierra Madre Oriental al norte del Trópico de Cáncer, por lo que los principales rodales de la especie radican en Coahuila, Durango, Nuevo León y Zacatecas, entre 1350 y 2800 msnm (Rzedowski, 2006).

Pinus cembroides es un árbol de 5 a 15 metros con copa redonda o piramidal, tronco corto, de ramaje ralo, sus ramas son grandes y extendidas pueden ser verticiladas o irregularmente dispuestas. Su corteza cenicienta, delgada, agrietada y dividida en placas cortas e irregulares; sus ramillas son grisáceas y ásperas, las hojas están en grupos de dos, tres, cuatro y hasta cinco fascículos. Sus conos son subglobulosos de cinco a seis centímetros de color moreno anaranjado rojizo, semillas subcilíndricas y vagamente triangulares sin alas morenas o negruzcas (Martínez, 1948).

La importancia de *P. cembroides* desde el punto de vista comercial radica por su semilla (piñón) ya que abastece más del 90 % de los piñones en el país. Desde el punto de vista ecológico esta especie se adapta con facilidad a lugares con características ecológicas similares a su ambiente, como son suelos pobres y sequias por lo que probablemente prosperará para reforestaciones para la recuperación de suelos degradados. Su madera se utiliza para combustible, postes

de cerca y algunos utensilios caseros. Desde el punto de vista escénico por su aspecto arbustivo se recomienda para parques jardines y barreras rompe vientos (Eguiluz, 1978).

En el Plan Estratégico Forestal 2025 se destaca la importancia de las plantaciones forestales comerciales para aumentar la producción maderable para el abastecimiento de la industria forestal, reducir la presión sobre los bosques naturales y convertir áreas degradadas o improductivas en bosques productivos, contribuyendo de paso al mejoramiento del ambiente (CONAFOR, 2001). Sin embargo, también existe necesidad del establecimiento de plantaciones para otros propósitos, como es la restauración de áreas degradadas (CONAFOR, 2009), en dicha situación *P. cembroides* se considera como una especie potencial (Niembro, 1990).

Existe poca información del estado actual que guardan las plantaciones forestales que han sido de forma independiente, en términos de tipo de plantaciones, rendimiento y producción actual, entre otros (CONAFOR, 2011), de manera que es frecuente que al realizar plantaciones forestales no se tenga registro de la especie y la fuente de semilla utilizada, lo que lleva a fracasos recurrentes (Clausen, 1990). Esto hace necesario poner atención en los ensayos de procedencias, ya que uno de los aspectos que tienen que ver con el éxito de las plantaciones es la elección de la especie y la procedencia (Capó, 2002), incluso se señala que la forma más fácil y más rápido de obtener las mayores ganancias en el establecimiento de las plantaciones forestales es mediante la selección de la especie más adecuada y la procedencia dentro de ella (Zobel y Talbert, 1988).

El mejoramiento genético forestal se define como el proceso de identificación y desarrollo de poblaciones genéticamente superiores y el uso de estas poblaciones como fuentes de semilla para establecer plantaciones mejoradas (Cornelius *et al.*, 1994). Aunque comprende una serie de actividades dirigidas a producir árboles genéticamente más deseables, incluyendo el cruce controlado de individuos con características superiores. La práctica del mejoramiento genético forestal sólo significa algún grado de ajuste del manejo forestal y las prácticas silvícolas teniendo

en cuenta los principios genéticos básicos (Jara, 1995). Dicho de otra forma, el mejoramiento genético forestal se define como la combinación de la genética y la silvicultura para incrementar la productividad y calidad del bosque (Zobel y Talbert, 1988).

La selección de procedencias es una etapa básica en el mejoramiento genético forestal, propiciando el punto de partida para las actividades de mejoramiento genético (Mesen, 1994). Un ensayo de procedencias consiste en la recolección de procedencias para establecerlas dentro de una cierta variedad de localidades experimentales, con el propósito de determinar cuál de ellas es la mejor para cada localidad específica (Daniel *et al.*, 1982). Es por eso que forman parte de las herramientas para el silvicultor ya que se genera información con diversos fines como lo es incrementar la producción maderable, resistencia a plagas y enfermedades, recuperar áreas degradadas, proteger el suelo o mejorar la belleza escénica de determinado lugar (Plancarte, 1990a).

En la literatura mundial existe abundante información sobre ensayos de procedencias, principalmente con especies que se emplean como exóticas, tales como *Pinus elliotti* Engelm., *P. taeda* L., *P. radiata* D. Don, *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm., *Gmelina arborea* Roxb., *Tectona grandis* L. (Cozzo, 1995). En México, la información sobre ensayos de procedencias ha sido principalmente con especies de interés comercial maderable, por ejemplo *Pinus greggii* (Velasco, 2001; Reynoso, 2006), *P. pseudostrobus* (Viveros *et al.*, 2006; Castellanos *et. al*, 2013), *P. devoniana* (Castellanos *et al.*, 2013).

También se han realizado este tipo de ensayos (especies y procedencias) con especies de menor crecimiento por ejemplo *Pinus johannis* (Muñoz, 2006; Sánchez, 2013), *P. pinceana* (Ramírez, 2008; De los Ríos 2008) y *P. nelsoni* (De los Ríos, 2008).

Las características más frecuentemente evaluadas en los ensayos de procedencias son sobrevivencia y variables de crecimiento (Velasco, 2001; Reynoso, 2006; Viveros *et al.*, 2006; Muñoz, 2006; Castellanos *et al.*, 2013), para estructura de copa existe poca información en ensayos de procedencias.

Es importante tener una idea de los patrones de variación e identificar regiones donde se encuentren mejores fuentes de semillas en términos de adaptación al sitio de plantación; los ensayos de procedencia se pueden establecer en ambientes extremos en los cuales se pretende establecer las plantaciones e incluir un intervalo amplio de la distribución natural de la especie de interés (Zobel y Talbert, 1988), como en el caso de *Pinus greggii* en la Mixteca Alta de Oaxaca, fuera de su área de distribución (Velasco, 2001).

Para el presente trabajo es la tercera evaluación que se realiza por lo que es de importancia continuar con la evaluación del ensayo, ya que en algunos casos los programas de mejoramiento genético no han tenido éxito por la falta de continuidad en el financiamiento y a la separación del personal técnico asociado. El problema fundamental de todos estos programas es que nunca estuvieron asociados a un programa de plantaciones forestales que genere la demanda por germoplasma de mayor calidad genética (Vargas, 2003).

1.1 Objetivo

El objetivo del presente estudio fue evaluar sobrevivencia, variables de crecimiento, variables de estructura de copa y número de conos de tres procedencias de *Pinus cembroides* en una plantación experimental establecida en Los Lirios, Arteaga, Coah., a 23 años de establecida.

1.2 Hipótesis

La hipótesis nula planteada fue:

Ho: No existen diferencias entre las tres procedencias de *Pinus cembroides*, para sobrevivencia, variables de crecimiento, variables de estructura de copa y número de conos.

Y la hipótesis alterna es la siguiente:

Ha: Existe diferencia al menos en una procedencia de *Pinus cembroides* para sobrevivencia, variables de crecimiento, variables de estructura de copa y/o número de conos.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio se realizó en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) de la UAAAN localizado en los Lirios, Arteaga, Coahuila; se ubica a 59.2 km de la ciudad de Saltillo, con las siguientes coordenadas geográficas 25° 24.4' norte y 100° 36.3' oeste. Presenta una topografía poco accidentada con variación en las pendientes de los alrededores con un promedio de 30%; y con un rango de altitud entre 2280 a 2500 msnm (Figura 1) (INEGI, 2010).

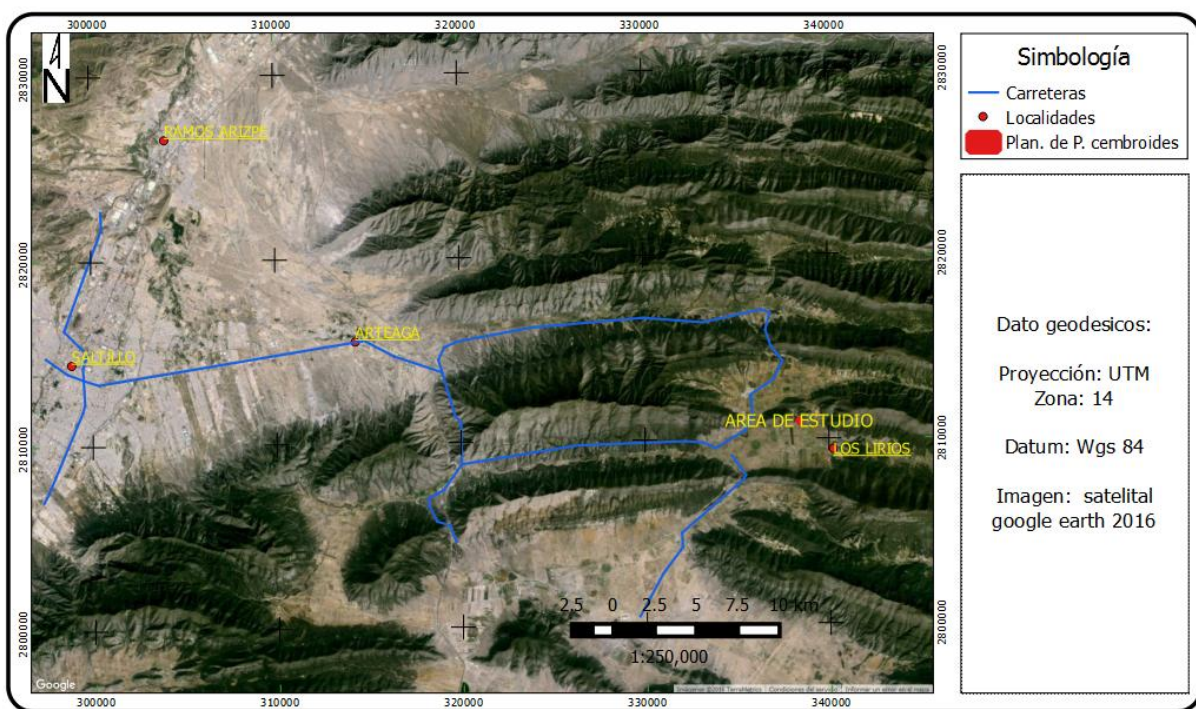


Figura 1. Ubicación geográfica del área del estudio de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah.

El área se encuentra dentro de la Región Hidrológica Bravo – Conchos (RH24) y la cuenca hidrológica Río Bravo – San Juan (24B) (CNA, 1998). La geología está conformada de roca de origen sedimentario, con depósito de aluvión (CETENAL, 1976). El tipo de suelo que predomina en el área de estudio es feozem calcárico con una textura media que se encuentra en fase física gravosa (INIFAP, 1995); capa

superficial oscura, suave y rica en materia orgánica, son suelos ricos en cal y nutrientes para las plantas (FAO, 2006).

De acuerdo a la estación climatológica Jamé, ubicada a 8.5 km del CAESA, en Arteaga, Coahuila, se presenta una temperatura media anual de 12.4 °C y una precipitación media anual de 410.7 mm (CONAGUA, 2010) que corresponde a un clima semiárido templado, con lluvias en verano, donde los meses con mayor precipitación son de junio a septiembre y los más secos de febrero a marzo (CONABIO, 1998). La fórmula climática es Bs 1k (X') (García, 1987).

El ensayo se localiza en un área de pastizal, en el valle intermontano se cultiva maíz, papa, frijol, manzano y durazno. La vegetación de la parte más alta de la sierra consiste en un bosque de *Pinus cembroides* (DETENAL, 1979).

2.2 Antecedentes de la plantación experimental

En junio de 1992 se estableció el ensayo de procedencias de *Pinus cembroides* en el CAESA, con un diseño experimental de bloques completos al azar, con 4 bloques y tres procedencias, dos del estado de Zacatecas y una de Coahuila (Cuadro 1), generando 12 parcelas, cada una con 48 plantas (Figura 2). La plantación se realizó en cepa común con el método de tresbolillo con una equidistancia de 1.8 metros. Se utilizaron 576 plántulas para el experimento y 102 plantas de borde de la misma especie obtenidas a través del proyecto de investigación “Banco de Germoplasma de Árboles del Norte de México” (Lucio, 2011).

Cuadro 1. Localización geográfica, tipo de suelo y uso de suelo, clima, vegetación, precipitación y temperatura de las tres procedencias utilizadas en el ensayo de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Procedencia | Localización geográfica | | | Tipo de suelo | Clima | Uso de suelo y vegetación | Pp | T °C |
|--|-------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|--|---------------------|--------------------|
| | Latitud Norte | Longitud Oeste | Altitud (msnm) | | | | | |
| Sierra Guadalupe Garzarón, Concepción del Oro, Zac. (Concepción) | 24° 35" ^a | 101° 11" ^a | 1690 ^a | Xerosol ^b cálcico | Árido templado ^c | Agricultura de temporal anual ^d | 434.7 ^e | 16.8 ^e |
| Cañón de La Laja, Santa Olaya, Mazapil, Zac. (Mazapil) | 24° 35" ^a | 101° 27" ^a | 2680 ^a | Litosol ^b | Árido semiárido ^c | Bosque de pino ^d | 454.4 ^e | 16.1 ^e |
| Santa Victoria, Saltillo, Coah. (Saltillo) | 25° 30" ^a | 101° 10" ^a | 2360 ^a | Xerosol ^b cálcico | Semiárido templado ^c | Matorral desértico rosetófilo ^d | 339.35 ^e | 19.05 ^e |

Pp = precipitación promedio anual, T °C = temperatura promedio anual en grados centígrados. a = información obtenida de Lucio (2011). b = información obtenida de INIFAP (1995), c = CONABIO (1998), d = información obtenida de INEGI (2009), e = información obtenida de CONAGUA (2010)

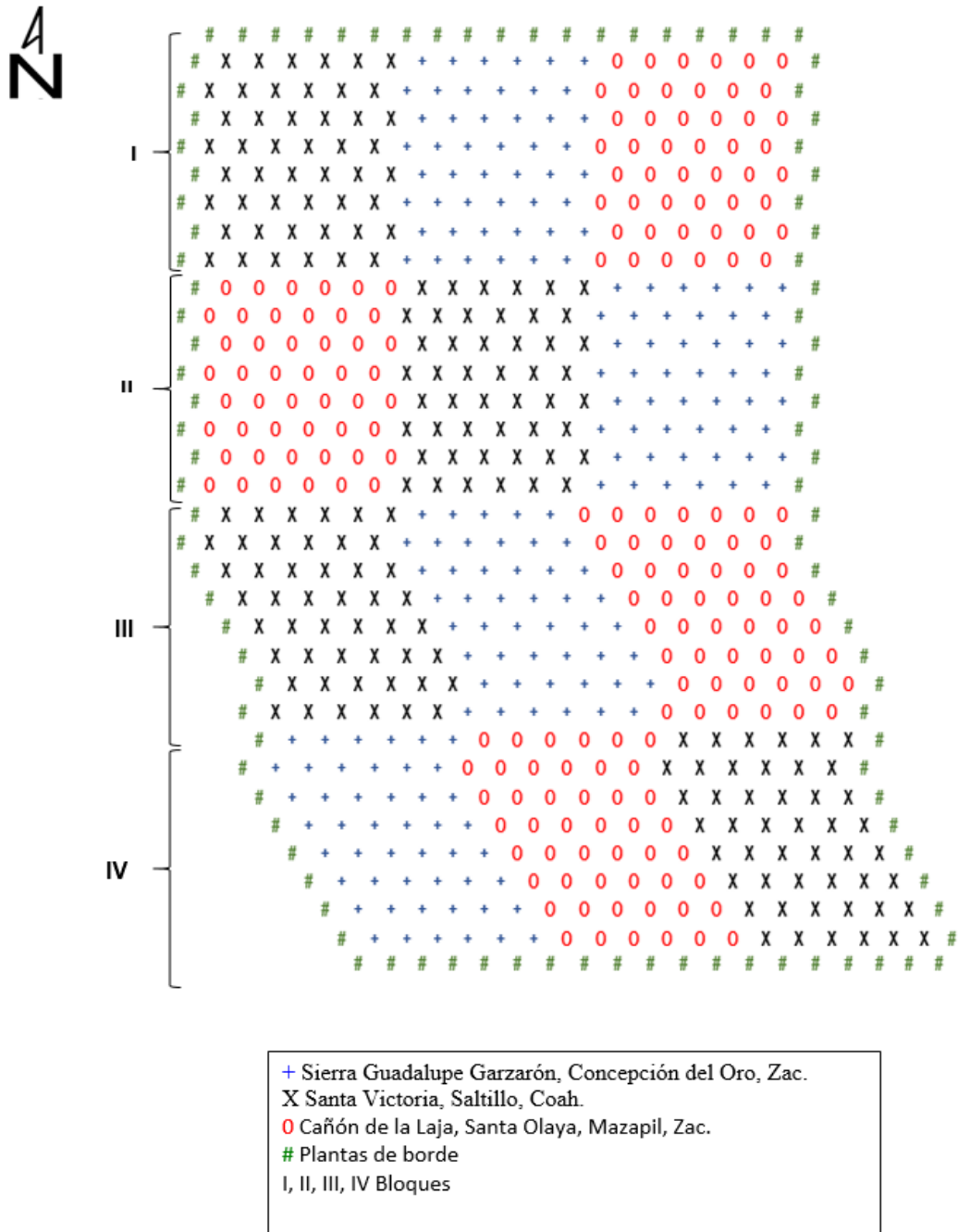


Figura 2. Croquis de la plantación del ensayo de tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc., en el CAESA, Arteaga, Coah. (Adaptado de Lucio, 2011).

2.3 Variables a evaluar

Para cumplir con el objetivo establecido se consideró evaluar la sobrevivencia, diversas variables de crecimiento y de estructura de copa, así como el número de conos, todas estas variables a 23 años de establecido el ensayo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables evaluadas de las tres procedencias utilizadas en el ensayo de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Tipo de variable | Variables evaluadas | Unidad | Variable procesada |
|--------------------|----------------------|-----------------|---|
| Sobrevivencia | Sobrevivencia | Nº individuos | Sobrevivencia |
| | Altura total | Metros | Altura total |
| | Diámetro de la base | Milímetros | Diámetro basal promedio |
| Crecimiento | Diámetro normal | Milímetros | Diámetro normal promedio |
| | | | Área basal |
| | | | Área basal total por parcela |
| | | | Área basalha ⁻¹ |
| | Diámetro de copa | Metros | Diámetro promedio de copa Área de copa por parcela Área de copa totalha ⁻¹ |
| Estructura de copa | Número de verticilos | Número | Número de verticilos |
| | Rectitud del fuste | Número | Rectitud del fuste |
| | Bifurcación | Sí / no | Bifurcación |
| | Número de ramas | Número | Número promedio de ramas |
| | Ángulo de rama | Grados | Ángulo promedio de ramas |
| | Diámetro de rama | Milímetros | Diámetro promedio de ramas |
| | Número de conos | Número de conos | Nº |

2.4 Registro de datos en campo

Para la obtención de datos de campo se realizaron recorridos para familiarizarse con el área de estudio, así como para la reubicación de estacas, para la distinción de las diferentes parcelas dentro del experimento.

Para el registro de datos se realizó un censo obteniendo los siguientes datos como a continuación se describe: la altura (Ht) se obtuvo mediante el uso de una regla telemétrica colocándola lo más pegada posible al fuste y mediante la observación de un auxiliar se definía donde considera la yema terminal y la punta de dicha regla para la posterior obtención de la altura, el diámetro normal (DN) se obtuvo a la altura de 1.30 m con un calibrador (pie de rey con vernier), el cual se tomó de forma horizontal al fuste y en contra de la pendiente, el diámetro basal (DB) se obtuvo con un calibrador en la base del fuste, el cual se tomaba de forma horizontal al fuste y en contra de la pendiente.

El diámetro de copa (DC) se obtuvo con una cinta métrica con la cual se realizaron dos medidas, la primera en dirección del diámetro mayor de la copa y la segunda dirección perpendicular a la primera, para posteriormente obtener un promedio, para el número de verticilos (NV) se contaron todos los verticilos vivos comenzando desde la parte baja de la copa y finalizando en el último verticilo de la parte superior. El número de ramas (NR) se contabilizó en el primer verticilo que se encuentra después de la altura del diámetro normal, el ángulo de las ramas (AR) se obtuvo de las ramas colocando un transportador en forma perpendicular al fuste.

Para la obtención de la bifurcación (BIF) se consideró bifurcado si el árbol contaba con dos fustes antes de la altura de 1.30 m de no ser así se contaba como árbol no bifurcado.

La rectitud del fuste (RF), sólo se consideró como fuste recto y fuste no recto, de acuerdo a la curvatura que presentara el fuste.

El número de conos (NC) se contabilizó de forma directa, este número de conos es de cono de segundo año. Una vez recolectados los datos se generaron nuevas variables para realizar una evaluación más acertada (Cuadro 2).

Cabe destacar que para el registro de datos algunos individuos contaban con dos o hasta tres fustes por lo que para la obtención de las variables de diámetro normal, altura total, diámetro de copa, número de verticilos, número de ramas, ángulo de las ramas y número de conos se realizaron tres mediciones.

La sobrevivencia (SOB) se determinó contando los árboles existentes en el momento de la evaluación con respecto al número de árboles iniciales en el año 1992. La sobrevivencia se evaluó los días 6, 11 y 12 de junio del 2015. De esta manera el porcentaje (%) de sobrevivencia se calculó de esta manera:

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = \frac{\text{Número de plantas al momento de la evaluación}}{\text{Número de plantas iniciales}} (100)$$

El área basal por hectárea ($AB \text{ ha}^{-1}$) se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$AB \text{ ha}^{-1} = (AB \text{ P}^{-1}) * 64.3$$

Donde:

$AB \text{ ha}^{-1}$ = Área Basal por hectárea

$AB \text{ P}^{-1}$ = Área Basal por parcela

64.3 = Constante para extrapolación ha hectárea

Para obtener el área basal por parcela se utilizó la expresión:

$$AB \text{ P}^{-1} = AB * SOB$$

Donde:

$AB \text{ P}^{-1}$ = Área basal por parcela

AB = Área basal

SOB = Sobrevivencia en número de individuos

Para el área basal individual, la fórmula utilizada fue:

$$AB = (DN^2 * 0.7854)$$

Donde:

DN^2 = Diámetro normal en cm

La cobertura de copa por hectárea ($COB \text{ ha}^{-1}$) con la siguiente formula:

$$AC \text{ ha}^{-1} = ACP * 64.3$$

Donde:

AC ha⁻¹ = Área de copa por hectárea
ACP = Área de copa por parcela
64.3 = Constante de extrapolación a hectárea

En el caso de área de copa por parcela se utilizó:

$$ACP = AC * SOB$$

Donde:

ACP = Área de copa por parcela
AC = Área de copa
SOB = Supervivencia en número de individuos

Para el área de copa la ecuación fue:

$$AC = DC^2 * 0.7854$$

Donde:

AC = Área de copa
DC² = Diámetro de copa en m

Para el análisis estadístico se realizó la prueba de normalidad de Kolmogorov - Smirnov con un grado de significancia de 5%, donde se comprobó estadísticamente que los datos obtenidos cuentan con una distribución normal. Por lo que no se realizó ninguna transformación de variables (Apéndice, I) (Bellido *et al.*, 2010).

2.5 Procesamiento estadístico

El procesamiento y análisis estadístico se realizó mediante el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS) Versión 9.0. La información dasométrica registrada en formatos de campo, se capturó en hojas electrónicas de cálculo del programa Microsoft Excel.

Se utilizó, para el análisis de varianza el modelo estadístico correspondiente a un diseño de bloques completos al azar (Infante y Zárate, 1991); el cual se presenta a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \rho_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

i = 1, 2, 3, 4 Bloques

j = 1, 2, 3 Procedencias

Y_{ij} = Observación del i -ésimo bloque en la j -ésima en procedencia

M = Media poblacional

β_i = Efecto del i -ésimo bloque

ρ_j = Efecto de la j -ésima procedencia

ε_{ij} = Efecto del error experimental que corresponde a la interacción de i -ésimo bloque y la j -ésima procedencia.

Se generaron los datos promedio por parcela para ser procesados mediante el análisis de varianza (ANVA) usando el procedimiento ANOVA de SAS.

Para tomar la decisión si existen o no diferencias entre las procedencias se tomó en cuenta la significancia de la prueba considerando un $\alpha = 0.05$ en el ANVA cuando se presentó entre procedencias se realizó la prueba de separación de medias Tukey.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de Varianza

Los resultados de los análisis de varianza se consideran confiables ya que para todas las variables se mostró un coeficiente de variación menor al 30% (Álvarez, 1999), excepto en la variable de bifurcación (CV = 72.8%). Se encontraron diferencias estadísticas para el efecto de procedencias en sobrevivencia, en las variables de crecimiento y de las variables de estructura de copa únicamente en la variable rectitud de fuste (Cuadro 3).

Cuadro 3. Probabilidades para el efecto de procedencias del análisis de varianza en el ensayo de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Tipo de variable | Variable | C.V. (%) | Pr > F |
|--------------------|-------------------------------|-------------|-----------|
| Sobrevivencia | Sobrevivencia | 7.17 | 0.0332 * |
| | Altura | 3.72 | 0.0005 ** |
| | Diámetro basal | 6.88 | 0.0173 * |
| Crecimiento | Diámetro normal | 5.74 | 0.0010 ** |
| | Área basal ha ⁻¹ | 19.45 | 0.0241 * |
| | Diámetro de copa | 6.05 | 0.3955 ns |
| | Área de copa ha ⁻¹ | 28.12 | 0.2268 ns |
| | Número de fustes | 7.41 | 0.4771 ns |
| | Número de verticilos | 4.46 | 0.384 ns |
| Estructura de copa | Rectitud del fuste | 13.77 | 0.0176 * |
| | Bifurcación | 72.8 | 0.5619 ns |
| | Número de ramas | 13.44 | 0.8341 ns |
| | Diámetro de ramas | 8.01 | 0.1647 ns |
| | Ángulo de ramas | 5.31 | 0.2443 ns |
| Número de conos | Número de conos | 19.68 | 0.259 ns |

* = hay diferencia significativa entre las procedencias ($\alpha = 0.05$); ** = hay diferencia altamente significativa entre procedencias ($\alpha = 0.01$); ns = no hay diferencia significante entre procedencias.

Con el propósito de comparar con otros trabajos de procedencias de esta misma especie no se encontraron trabajos similares en la literatura disponible, salvo los de Morales (2002) y Lucio (2011) que son de la misma plantación evaluada en edades previas. Por lo que se buscó información de trabajos de procedencias con otras especies del grupo de pinos piñoneros, así como algunos otros trabajos del género *Pinus*.

En la evaluación de la plantación realizada a los 10 años no se presentaron diferencias significativas para las variables de crecimiento ni para las variables de estructura de copa, a excepción de diámetro de copa y sobrevivencia (Morales, 2002). Los análisis de varianza, realizados a los 18 años de la misma plantación, arrojaron diferencias significativas para las variables de sobrevivencia, crecimiento (altura, diámetro basal) y solamente en una variable de estructura de copa (número de verticilos); mientras tanto el resto de las variables de estructura de copa (diámetro de copa, área de copa, volumen de copa, número de ramas y bifurcación) evaluadas en ese momento no presentaron diferencias significativas (Cuadro 4) (Lucio, 2011).

En ensayos de procedencias del grupo piñonero, como es *Pinus johannis* (Muñoz, 2006; Sánchez, 2013) y *P. pinceana* (Ramírez, 2008), así como en otros del género *Pinus*, como es *P. greggii* (Velasco, 2001; Reynoso, 2006) y *P. pseudostrobus* (Viveros *et al.*, 2006) en las variables de crecimiento como la altura y el diámetro basal, es frecuente encontrar diferencias estadísticas, mientras que variables de estructura de copa casi no se evalúan o cuando si se evalúan es menos frecuente encontrar diferencias estadísticas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados de los análisis de varianza para diversos ensayos de procedencias realizados en México.

| Tipo de variable | Variable | Ensayos de procedencia | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|-------------------------|--------------|-----------------------|----------------|-------------------|----------------|------------------------------|------------------------|---|
| | | Pinos piñoneros | | | | | | <i>Pinus greggii</i> | <i>P.pseudostrobus</i> | |
| | | <i>Pinus cembroides</i> | | <i>Pinus johannis</i> | | <i>P.pinceana</i> | | | | |
| Morales (2002) | Lucio (2011) | Evaluación (2015) | Muñoz (2006) | Sánchez (2013) | Ramírez (2008) | Velasco (2001) | Reynoso (2006) | Viveros <i>et al.</i> (2006) | | |
| Sobrevivencia | Sob. | * | * | * | | ns | * | ns | ns | * |
| | Ht. | ns | * | * | * | ns | | * | * | * |
| | DB | ns | * | * | ns | ns | | * | * | * |
| Crecimiento | DN | | | * | | | | | | |
| | ABP | | | * | | | | | | |
| | ABha ⁻¹ | | | * | | | | | | |
| Estructura de copa | DC | * | ns | ns | | | | * | * | * |
| | AC | ns | ns | ns | | ns | | | | |
| | ACha ⁻¹ | | | ns | | | | | | |
| | VC | ns | ns | ns | | | | | | |
| | NF | | | ns | | | | | | |
| | NV | ns | * | ns | | | | ns | | |
| | RF | | | * | | | | | | |
| | BIF | ns | ns | ns | | | | | | |
| | NR | ns | ns | ns | * | ns | | | | |
| | DR | | | ns | | | | | | |
| AR | | | ns | | | | | | | |
| Número de conos | NC | | | ns | | | | | | |

* = hay diferencia entre las procedencias, ns = no hay diferencia significativa entre procedencias. Sob = (sobrevivencia), Ht = (altura total), DB = (diámetro basal), DN = (diámetro normal), ABP = (área basal de parcela), ABha⁻¹ = (área basal por hectárea), DC = (diámetro de copa), AC = (área de copa), ACha⁻¹ = (área de copa por hectárea), VC = (volumen de copa), NF = (número de fustes), NV = (número de verticilos), RF = (rectitud del fuste), BIF = (Bifurcación), NR = (número de ramas), DR = (diámetro de ramas), AR = (Ángulo de ramas), NC = (número de conos).

El encontrar diferencias estadísticas entre procedencias se debe probablemente a las diferencias genéticas a nivel de procedencias u origen geográfico, es decir, los individuos de una determinada región poseen genes diferentes a los de otra, resultado de las diferencias en el ambiente en el cual han evolucionado a través del tiempo (Zobel y Talbert, 1988). En la literatura existe amplia información sobre ensayos de procedencias, donde se han encontrado diferencias en las tasas de crecimiento principalmente en especies que se usan como exóticas, por ejemplo *Pinus elliotti*, *P. taeda*., *P. radiata*, *P. pinaster* Ait, *P. caribea* Morelet, *P. halepensis* Mill., *P. sylvestris* L., *P. ponderosa* Douglas ex C. Lawson, *P. patula* Schiede ex Schltld. & Cham., *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. camaldulensis* Dehnh., *E. tereticornis* Sm., *E. globulus* Labill., *E. viminalis* Labill., *E. duglupta* Blume, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze., *Cupressus lusitánica* Mill., *C. sempervirens* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken, *Gmelina arbórea*, *Tectona grandis*, *Melina azedarach* L., *Paulownia* spp (Cozzo, 1995).

3.2 Valores promedio por procedencia

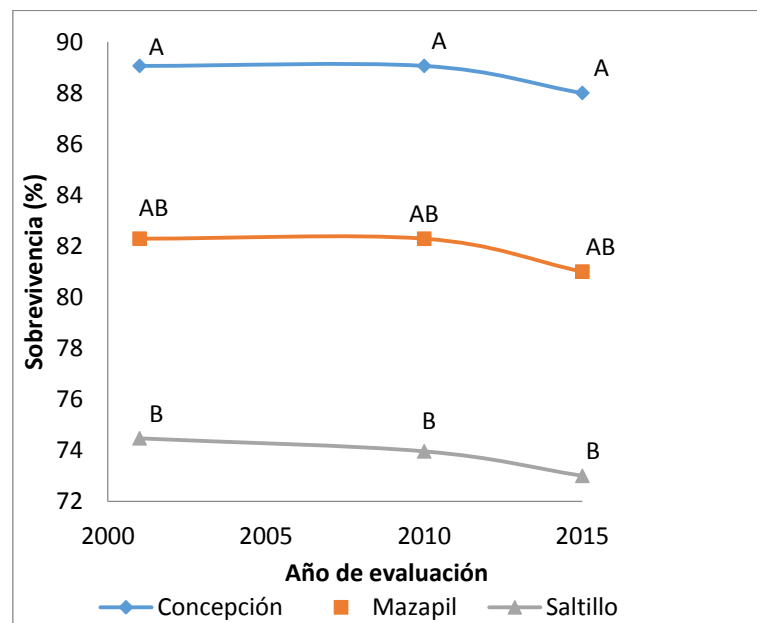
Enseguida se presentan los resultados a nivel de procedencias para las variables que presentaron diferencias estadísticas, así como para las variables que sin tener diferencias estadísticas en este estudio se cuente con información de años previos.

3.2.1 Supervivencia

Para la evaluación del 2015 la procedencia con mayor supervivencia es la de Concepción (88%) en comparación con la de Saltillo (73%); esta respuesta es similar a los resultados de las evaluaciones anteriores en los años 2001 y 2010 (Figura 3).

Las diferencias entre procedencias para la supervivencia podrían deberse al origen geográfico del material experimental de los ensayos (Zobel y Talbert, 1988). Esta tendencia se podría deber a que en la procedencia de Concepción, el suelo es cálcico, la precipitación y temperatura son mayores al área del ensayo (Los Lirios).

La procedencia de Mazapil cuenta con las condiciones de temperatura y precipitación similares a las de Concepción, pero su suelo es más pobre en nutrientes y menos profundo; la procedencia de Saltillo la precipitación es menor a la de las otras dos localidades, la temperatura es mayor y el tipo de suelo es similar al de Concepción, por lo que se esperaría que al ser establecida en un área con mejores condiciones sobresaliera en la sobrevivencia. Sin embargo, la procedencia de Concepción respondió mejor a las condiciones ambientales del área de establecimiento. Es probable, que las procedencias que crecen en ambientes con recursos más limitados desarrollen mecanismos para soportar dichas condiciones restrictivas, de manera que aun cuando se les coloque en mejores condiciones no respondan mejor debido a los mismos mecanismos que han desarrollado (Capó *et al.*, 1993).

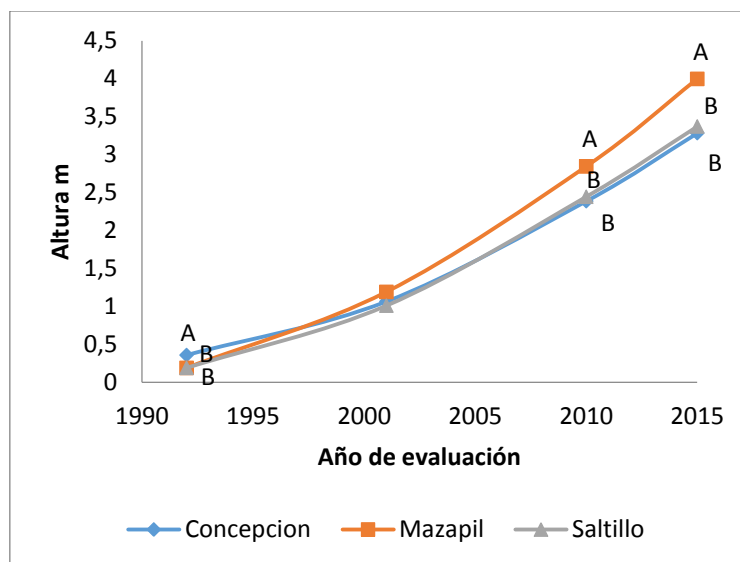


Valores medios con letras iguales no son estadísticamente diferentes, (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Figura 3. Separación de medias (prueba de Tukey) para las distintas evaluaciones en sobrevivencia realizadas en la plantación de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah.

3.2.2 Crecimiento

Para la evaluación del año 2015 hay diferencias significativas, donde la procedencia con mayor altura es la de Mazapil (4 m) en comparación con la de Saltillo (3.37 m) y Concepción (3.28 m); estos resultados son similares a los de la evaluación del año 2010. Para el año de establecimiento (1992) la procedencia de Concepción fue superior estadísticamente a las otras dos procedencias. Sin embargo, se puede observar una tendencia donde la procedencia de Mazapil presenta la mayor tasa de crecimiento en altura y la procedencia de Saltillo presenta una menor tasa de crecimiento en altura respecto a Mazapil, pero superior respecto a Concepción, motivo por el cual en el año 2001 no se presentan diferencias estadísticas entre las tres procedencias, pero en el año 2010 ya se manifiesta la superioridad de Mazapil (Figura 4).

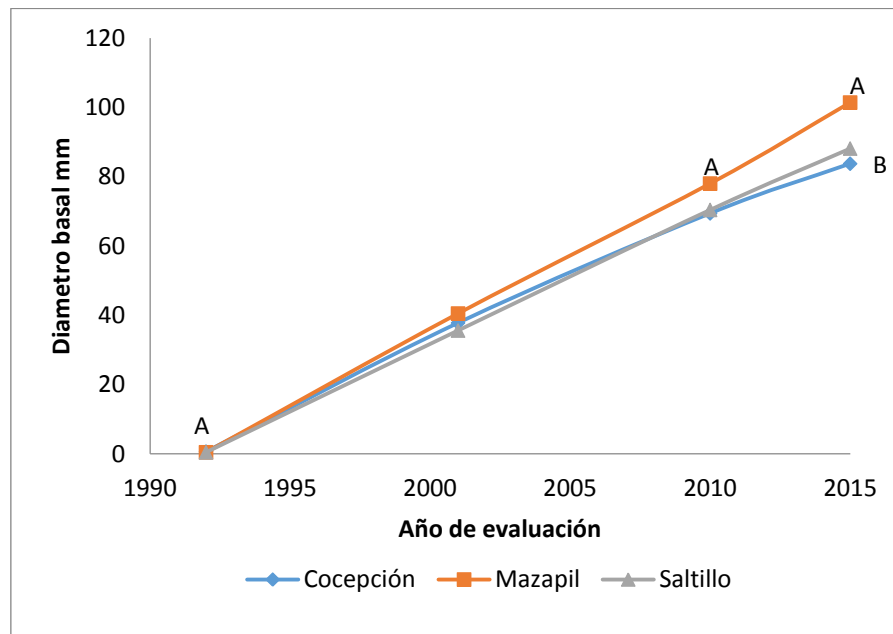


Valores medios con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Figura 4. Separación de medias (prueba de Tukey) para las distintas evaluaciones en altura realizadas en la plantación de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah.

En la variable diámetro basal para la evaluación del año 2015 hay diferencias significativas donde la procedencia con mayor diámetro basal es la de Mazapil (101.38 mm) en comparación con la de Concepción (83.73 mm); para la evaluación

del año 2010 Mazapil es superior a Concepción y a Saltillo. Para el año 1992 la procedencia de Concepción fue superior estadísticamente a las otras dos procedencias. La tendencia en el crecimiento en diámetro es semejante para la variable altura, donde Mazapil presenta la mayor tasa de crecimiento y Concepción la menor tasa de crecimiento, lo que hace que en el año 2001 no se presenten diferencias estadísticas (Figura 5).



Valores medios con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$).

Figura 5. Separación de medias (prueba de Tukey) para las distintas evaluaciones en diámetro basal realizadas en la plantación de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah.

El desarrollo en las variables de crecimiento está fuertemente relacionado con las características del ambiente, tanto del origen geográfico como del lugar de prueba (Pedersen *et al.*, 1993). La altura y diámetro basal en el año de establecimiento (1992), como resultado de las condiciones ambientales del vivero, favorecieron a la procedencia de Concepción. Sin embargo, en el ensayo en campo durante el periodo 1992 – 2015 la procedencia Mazapil es la que ha mostrado mayor tasa de crecimiento, de manera que en el año 2001 no se encontraron diferencias estadísticas entre las tres procedencias, porque los valores son similares debido a

que la mayor tasa de crecimiento de Mazapil con su menor valor inicial, hacen que sea similar a Concepción que tenía el mayor valor inicial, pero que presenta la menor tasa de incremento, de manera que al continuar Mazapil con una mayor tasa de incremento, en los años 2010 y 2015 la altura total y el diámetro basal Mazapil es superior y estadísticamente diferente.

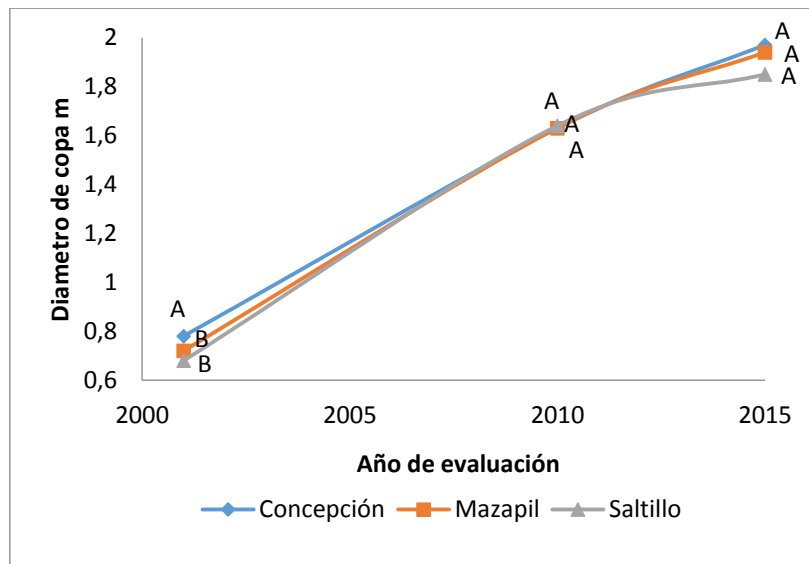
En cuanto a las variables de diámetro normal para la evaluación del año 2015 se encontraron diferencias estadísticas donde la procedencia de Mazapil (65 mm) es superior a las procedencias de Saltillo (54.7 mm) y Concepción (48.6 mm), al igual que en el área basal por hectárea ya que ésta es una variable que se obtiene del diámetro normal, es por eso que la procedencia de Mazapil (9.38 m²) cuenta con una área basal mayor a Saltillo (6.15 m²) y Concepción (6.03 m²).

Por lo que se podría considerar que cada procedencia cuenta con información genética diferente, lo que genera respuestas distintas en algunas variables, como sucede en las variables de crecimiento. Estas diferencias entre procedencias en particular con especies de amplia distribución han permitido obtener ganancias en la productividad, especialmente en el establecimiento de plantaciones comerciales, lo que hace que los silvicultores se interesen por seleccionar la especie adecuada para un determinado uso y la procedencia, dentro de la especie (Zobel y Talbert, 1988).

Estos resultados reafirman lo que mencionan Pederse *et al.* (1993) en el sentido que entre más grande sea la distribución de una especie, habrá mayor probabilidad de que exista una variación genética amplia. Esto se debe a la ocurrencia de adaptaciones diferentes a ambientes locales distintos.

3.2.3 Estructura de copa

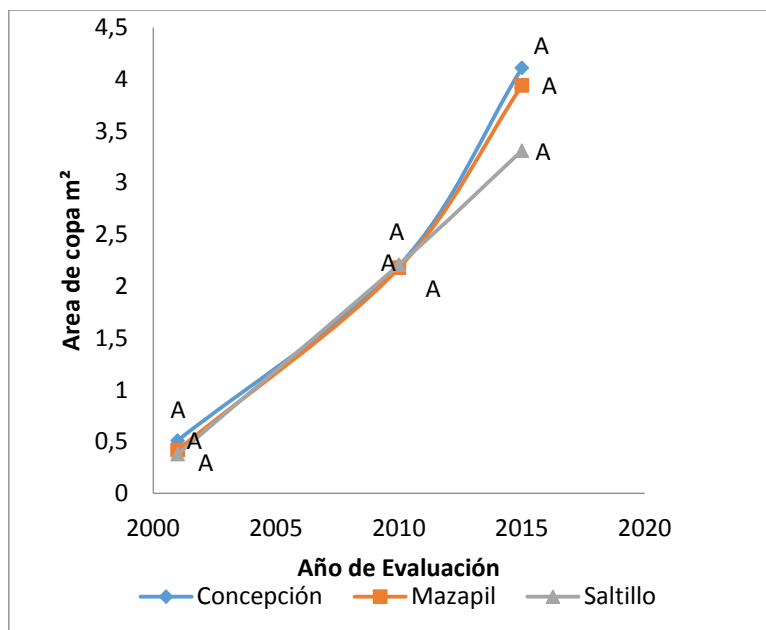
Para la evaluación en diámetro de copa para el año 2015 no se encuentran diferencias estadísticas al igual que para la evaluación del año 2010; sin embargo, para la evaluación realizada en el año 2001 la procedencia de Concepción (0.78 m) fue estadísticamente superior a Saltillo (0.68 m) (Figura 6).



Valores medios con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Figura 6. Separación de medias (prueba de Tukey) para las distintas evaluaciones en el diámetro de copa realizadas en la plantación de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah.

Para el área de copa a distintas edades no se encontraron diferencias estadísticas entre las procedencias. La variable área de copa se estima a partir del diámetro de la copa, por lo que la respuesta de las procedencias de ambas variables son similares, solamente que en área de copa las diferencias se ven mayores, sin ser estadísticamente diferentes, debido a que los valores de diámetro se elevaron al cuadrado en el proceso de transformación. La tendencia que se puede observar es que la procedencia de Concepción en futuras evaluaciones podría llegar a ser superior a alguna de las otras procedencias (Figura 7).

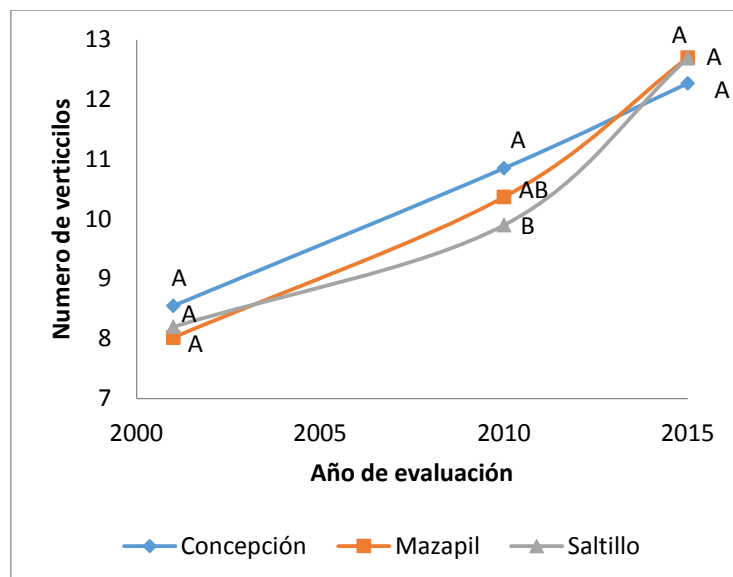


Valores medios con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha=0.05$).

Figura 7. Separación de medias (prueba de Tukey) realizada en distintas edades para el área de copa en una plantación de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah.

Para la variable de número de verticilos en evaluación realizada en el año 2015 no se encontraron diferencias significativas, sin embargo para la evaluación del 2010 la procedencia de Concepción (10.85 verticilos) fue superior a Saltillo (9.9 verticilos) y para la evaluación del año 2001 no se encontraron diferencias significativas para ninguna de las tres procedencias (Figura 8). El haber encontrado diferencias estadísticas en el año 2011, deja la posibilidad de que en otras evaluaciones se presenten nuevamente diferencias, lo que podría deberse a su componente genético a nivel de procedencias, y en un determinado momento podría seleccionarse alguna procedencia con mayor o menor cantidad de verticilos.

La rectitud del fuste solamente fue evaluada para el presente estudio, variable que arrojó diferencias significativas, en donde Saltillo (0.8) y Mazapil (0.8) son estadísticamente iguales entre ellas y diferentes a Concepción (0.5). De manera que Saltillo y Mazapil tienen fustes más rectos que Concepción.



Valores medios con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$).

Figura 8. Separación de medias (prueba de Tukey) para las distintas evaluaciones en número de verticilos realizadas en la plantación de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah.

La poca diferencia obtenida de las diferentes variables de estructura de copa se podría deber a que son mayormente dominadas por la variación genética de la especie, en el caso de las variables de tamaño y forma de la copa (Daniel *et al.*, 1982) y del fuste (Zobel y Talbert 1988; Pederse *et al.*, 1993), por lo que al no mostrar diferencias significativas se podría considerar que la información genética para las características de estructuras de copa es similar para las tres procedencias.

3.3 Promedios de las variables evaluadas

Como se mencionó con anterioridad con el propósito de comparar el presente trabajo se utilizaron trabajos realizados en ensayos de especies, ensayos de procedencia y ensayos de progenie con otras especies del grupo de pinos piñoneros, así como algunos otros trabajos del género *Pinus*.

3.3.1 Sobrevivencia

La sobrevivencia promedio de las tres procedencias a 23 años de establecida fue del 80.90%. La misma plantación evaluada a 18 años de establecida presentó una sobrevivencia promedio de 81.77% (Lucio, 2011), mientras que en la primera evaluación a 10 años se obtuvo una sobrevivencia promedio de 81.94% (Morales, 2002). Estos valores promedio de las tres fechas de evaluación son prácticamente similares.

La sobrevivencia de un ensayo de especies establecida en dos sitios "La Loma", y "Las Adjuntas" ambos dentro del campo experimental bosque - escuela propiedad de la Facultad de Ciencias Forestales de la UANL, evaluado durante cinco años consecutivos y a los nueve años se presentó una sobrevivencia del 61% y 55%, respectivamente, estos valores de sobrevivencia se deben a que el suelo no era tan profundo y contaba con mucha pedregosidad (De los Ríos *et al.*, 2008). En un ensayo de procedencias de *Pinus johannis* establecido en Mesa de las Tablas, Arteaga, Coah., a una edad de 10 años se registró una sobrevivencia del 56%, (Sánchez, 2013), probablemente este resultado tenga su explicación en el hecho de que dicha plantación fue afectada por pisoteo de ganado bovino durante el primer y segundo año de establecido el ensayo (Muñoz, 2006). Estos resultados son inferiores a la sobrevivencia promedio obtenida en el presente estudio, ya que la selección y preparación del sitio son factores que ayudan a mejorar las condiciones del suelo y asegurar una mayor sobrevivencia (CONAFOR, 2010).

En otro estudio de procedencias del grupo de los pinos piñoneros, pero ahora con *Pinus pinceana*, la sobrevivencia fue 87.8% a un año y medio de plantado, lo que se podría considerar como una buena sobrevivencia, lograda porque el ensayo se llevó en un área con condiciones favorables para el desarrollo de la especie (Ramírez, 2008). Aun cuando el valor es ligeramente superior al valor reportado para el ensayo de *Pinus cembroides*, es probable que con el paso del tiempo la sobrevivencia disminuya y se tengan valores similares a los del presente estudio.

La sobrevivencia promedio del presente estudio (81%) a 23 años es menor a la reportada para *Pinus greggii* en otros estudios de este tipo, por ejemplo, en Galeana N. L. a 4.5 años obtuvieron 93% de sobrevivencia (Reynoso, 2007) y en la Mixteca Alta de Oaxaca a una edad de dos años se presentó una sobrevivencia del 96%, (Velasco, 2001). Aun cuando sean menores edades de estos ensayos, *P. greggii* está considerada como una especie tolerante a sequía (Vargas y Muñoz, 1988), con potencial para plantaciones en sitios degradados (Plancarte, 1990b) en particular las poblaciones del norte del país.

Pinus cembroides es una especie de alto potencial adaptativo, resistente a sequías y resistente a altas temperaturas (Batis *et al.*, 1999) que se encuentra en el tipo de vegetación de transición entre la xerófita y la templada (Rzedowski, 2006), lo que le permite tener un alto potencial en condiciones difíciles, así por ejemplo, en un estudio de especies para la restauración de suelos degradados en Atécuaro, Mich., *Pinus cembroides* presentó una mayor sobrevivencia promedio (90%) a los seis años de establecida la plantación, dicha sobrevivencia fue mayor en comparación con las otras especies (*Pinus greggii*, *P. devoniana* y *P. pseudostrobus*) (Gómez *et al.*, 2010).

3.3.2 Crecimiento

El incremento medio anual en altura para las tres procedencias a 23 años de establecida fue de 15 cm. La misma plantación evaluada a 18 años de establecida presentó un incremento medio anual de 14 cm (Lucio, 2011), mientras que en la primera evaluación a 10 años se obtuvo incremento promedio de 11 cm (Morales, 2002).

Debido a que otros trabajos de procedencias reportan resultados con edades diferentes a la de la evaluación del presente estudio, se decidió estimar un valor del incremento medio anual (IMA) para las variables altura y diámetro, sin considerar el tamaño inicial de la plantación.

En un estudio de procedencias con *Pinus johannis* en la misma región se estimó un IMA en altura de 3 cm a la edad de la plántula de seis años (Muñoz, 2006). En otra evaluación realizada a los 10 años de establecido el ensayo se encontró un IMA de 8 cm, lo que demuestra un mejor incremento para *Pinus cembroides* en esa región a pesar de que las dos son especies de lento crecimiento, ya que Muñoz (2006) concluye que *Pinus johannis* es una especie de muy lento crecimiento para el área donde se estableció.

Pinus cembroides es una especie de lento crecimiento respecto a especies del mismo género, pero que no sean del grupo piñonero. Así por ejemplo, en un ensayo de procedencias de *P. greggii* se obtuvo un IMA de 30 cm a cuatro años y medio de establecida la plantación (Reynoso, 2006); en otro ensayo de procedencias se registró un incremento de 47 cm a dos años y medio; esto podría deberse a que *Pinus greggii* es una especie considerada como de rápido crecimiento y precoz (López *et al.*, 1993), de manera semejante, en un ensayo de procedencias de *Pinus pseudostrobus* se presentó un incremento de 22 cm al contar con 1.5 años de establecido.

Pinus cembroides al contar con una amplia distribución geográfica, tiene una gran variabilidad genética lo que le permite un fácil establecimiento en distintas áreas y obtener un mejor desarrollo e incremento que el área de origen, como lo es en un estudio de especies en áreas degradadas realizado en el estado de Michoacán, donde se obtuvo un incremento de 13 cm a una edad de 6 años (Gómez *et al.*, 2010).

El IMA para el diámetro basal de las tres procedencias a 23 años de establecida fue de 4 mm, la misma plantación evaluada a 18 años de establecida presentó un IMA de 3.08 mm (Lucio, 2011), mientras que en la primera evaluación a 10 años se obtuvo incremento medio de 3.08 mm (Morales, 2002).

El IMA que se obtuvo en un ensayo de procedencias de *Pinus johannis* a 10 años de establecido fue de 3.29 mm lo cual es muy similar al de la evaluación del ensayo de *Pinus cembroides* a esa misma edad. Por lo que se esperaría que para las futuras evaluaciones del ensayo de procedencias de *Pinus johannis* se obtenga un incremento similar al de *Pinus cembroides*.

En cuanto a un estudio de especies a una edad de 5 años se encontró un IMA para *Pinus cembroides* de 7.4 mm, para *Pinus pinceana* de 7.3 mm y para *Pinus nelsonii* de 6.1 mm (De los Ríos *et al.*, 2008). Las tres especies pertenecen al grupo de los pinos piñoneros y muestran mejores incrementos a los incrementos de *Pinus cembroides* del presente estudio. Lo anterior puede tener su explicación en que el ensayo de las tres especies se localiza en el municipio de Iturbide, N. L. en un área de bosque más templado.

En otros estudios similares pero con *Pinus greggii* se obtuvo un IMA en diámetro basal de 13.65 mm a una edad de 2 años y medio (Velasco, 2001), mientras que para la misma especie se reporta un incremento de 8.71 mm a una edad de cuatro años y medio (Reynoso, 2006). Y de manera semejante en un ensayo realizado con *Pinus pseudostrobus* se registró un incremento de 10.67 mm (Viveros *et al.*, 2006).

Como ya se mencionó con anterioridad, el área basal por hectárea es el resultado de la combinación de las variables sobrevivencia y diámetro normal; en donde el promedio para el área basal por hectárea para las tres procedencias fue de 7.19 m² ha⁻¹, resultado que no se puede comparar con la literatura consultada ya que la mayoría de los ensayos de procedencia es a edades pequeñas por lo que el diámetro normal es común que no se registre, sino únicamente el diámetro basal y en ocasiones incluso ni éste.

Pinus cembroides es una de las especies recomendadas para el establecimiento de plantaciones para la restauración de suelos degradados (Niembro, 1990). El área basal es considerada uno de los factores para determinar la importancia de una

especie en un rodal (Jiménez, 2010) al igual que es considerada como parte de la dominancia (Curtis y McIntosh, 1951). Pero no se ha acostumbrado usar dicha variable en la evaluación de los ensayos de procedencias, y quizás podría ser relevante en algunos casos.

3.3.3 Estructura de copa

Para el área de copa para las tres procedencias se obtuvo un promedio de 8544.2 m², el cual no se pudiera comparar ya que no se han encontrado trabajos de ensayos de procedencias donde se evalúe esta variable al igual que el área basal por hectárea, sin embargo la cobertura también es considerada como una de las variables que definen la dominancia de una especie (Curtis y McIntosh, 1951), por lo que es de importancia tomarla en cuenta para las evaluaciones de diversos trabajos y futuras evaluaciones.

Para presente trabajo se reportó un promedio de 1.1 fustes, lo cual significa que para casi toda la plantación el arbolado cuenta con un fuste principal bien definido, en el caso de los árboles que mostraron más de un fuste se debe al ataque de *Retinia arizonensis*, ya que *Pinus cembroides* es una de las especies hospedadas por este insecto (Cibrián, 1985).

En una evaluación de daños por *Retinia arizonensis* en Miquihuana, Tamaulipas, reporta que *Pinus cembroides* es afectado el doble que *Pinus nelsonii* (Irineo et al, 2015). En otra evaluación donde se evalúa el daño a una plantación de *Pinus cembroides* en el Ejido Carneros, Saltillo, Coah. a veintitrés años de establecida la plantación reportan el 50 % de la plantación muerta por este insecto (Domínguez, 2003).

Para la evaluación realizada en el año 2015 el número de verticilos promedio para las tres procedencias fue de 12.5 verticilos, mientras que para la evaluación a 18

años se obtuvo un promedio de 10.4 verticilos y para la evaluación realizada a los 10 años después de establecida el número de verticilos promedio fue de 8.3 verticilos.

Para muchas coníferas que se caracterizan por la producción de un fuste monopódico y ramas en verticilos, se ha considerado que forman anualmente un verticilo (Lusk y Le-Quesne, 2000). Sin embargo, en cada especie es variable, así en el presente estudio los resultados muestran alrededor de un verticilo por cada dos años de edad. Para la misma especie no se encontró información. Sin embargo, en otras especies del mismo género el valor es superior a un verticilo por año, por ejemplo, en un ensayo de procedencias de *Pinus greggii* se reportó un promedio de 6.9 verticilos a 2.5 años de su establecimiento (Velasco, 2001), para misma especie pero en un ensayo de progenies se reportó un promedio de 12.4 verticilos a 10 años después de su establecimiento (Vela, 2002), y en un ensayo de procedencias de *Pinus pseudostrobus* se reportó un promedio de verticilos de 2.4 a un año y medio de establecido (Viveros *et al.*, 2006). De manera que el desarrollo fenológico, como es el caso de la formación de las ramas en verticilos de un genotipo o procedencia en un determinado ambiente, depende de la especie, la edad y el propio ambiente (Daniel *et al.*, 1982).

El 69% de los individuos de las tres procedencias presentó fustes rectos. En un ensayo de seis procedencias de *Pinus pinaster*, evaluado a 22 y 35 años de edad, el porcentaje de individuos con rectitud en el tercio inferior del fuste, para el promedio de las procedencias fue de 22% y 37%, respectivamente (Sierra de Grado *et al.*, 1999).

La evaluación de la rectitud del fuste es de importancia, en particular en especies donde se emplea el fuste para aserrío (Zobel y Van Buijtenen, 1989). Aun cuando la madera de *Pinus cembroides* se emplea poco para aserrío, no por ello deja de ser de interés evaluar esta característica, ya que incluso en usos como árboles de navidad, se prefieren fustes rectos más que los torcidos (CONAFOR, 2011).

En cuanto el número ramas por verticilo, obtenida del verticilo superior inmediato a 1.3 m (después del diámetro normal) para las tres procedencias presentó un promedio de 2.4 ramas en el presente estudio. En las evaluaciones realizadas en los años 2001 y 2010 se contabilizó el número de ramas de los últimos 4 verticilos por lo que el total de verticilos se promedió entre 4 para obtener un promedio de ramas por verticilo; para la evaluación del 2001 se obtuvo un promedio de 1 rama (Morales, 2002) y para el año de 2010 se registró un promedio de 3.4 ramas (Lucio, 2011).

Se puede observar que no existe un patrón o por lo menos consistencia en los resultados de las tres evaluaciones. Otros trabajos con pinos piñoneros como es el caso de *Pinus johannis* en dos evaluaciones realizadas para el número de ramas se registró un valor promedio 7.3 (Muñoz, 2006) y de 22 ramas (Sánchez, 2013), dichos resultados no son comparables ya que los valores corresponden al número total de ramas de todo el árbol ya que no se contabilizó el número de verticilos porque dicha especie no tiene un desarrollo en el fuste de forma monopódica. El número de ramas está influenciada por la edad y los distintos factores ambientales (Daniel *et al*, 1982), lo que podría explicar el reducido número de ramas para el grupo de pinos piñoneros ya que son especies de lento crecimiento.

Para el diámetro y ángulo de las ramas, los promedios obtenidos para las tres procedencias fueron 21 mm y 55°, respectivamente, a los 23 años de establecida la plantación. No se encontró una referencia de evaluación de la misma especie para estas variables. Los valores promedio obtenidos en una prueba de progenie de *Pinus greggii* al evaluar los primeros cuatro verticilos después del diámetro normal a 10 años de establecida la plantación se encontró un diámetro de ramas promedio de 13.2 mm y un ángulo de ramas 69° (Vela, 2002). El diámetro de las ramas es mayor en el presente estudio que para *Pinus greggii*, lo que seguramente se debe a la edad, ya que en *P. cembroides* aun cuando es de menor tasa de crecimiento, la edad de evaluación fue a los 23 años y en *P. greggii* a los 10 años.

El ángulo de las ramas cercanas a la punta es agudo, mientras en las ramas de las partes intermedias tiende a ser horizontal y las que se encuentran en la base del pino tienden a ir cayendo en arboles maduros (Daniel *et al.*, 1982). El ángulo de inclinación de las ramas de las dos especies contradice lo anterior, donde las ramas de la parte media del árbol mostraron ángulos más agudos, por lo que esto se podría deber a que las plantaciones son jóvenes por lo que representaría la parte superior del pino.

Es de interés la evaluación de esta variable en los ensayos de procedencia para determinados objetivos; ya que esta variable es de importancia en la producción de conos (González *et al.*, 2006), así mismo forma parte de las características de calidad de la copa en la producción de pinos de navidad (Monárrez, 2000).

En cuanto al número de conos para las tres procedencias se encontraron 2.4 conos por árbol. Este valor es inferior a los resultados obtenidos en un estudio de producción de conos y semillas de *P. cembroides* en el municipio de Huimilpa, Qro., en donde a los 16 años se encontró un número promedio de 8 conos por árbol y a los 17 años un número promedio de 16 conos por árbol, este aumento en el número de conos se pudo deber a que el número de ramas y de las yemas sobre las que se desarrollan los conos aumentó (González *et al.*, 2006). El bajo número de conos obtenido de la evaluación del presente trabajo se puede deber a que el grupo de los pinos piñoneros alcanza su fase de madurez fisiológica entre los 20 y 30 años (Lanner, 1981) por lo que se esperaría que en unos años más la producción de conos podría aumentar ya que la plantación cuenta con 23 años de edad de establecida. Otro factor que pudo influir en una mayor producción de conos en Huimilpa se encuentra a menor latitud, y ambas a semejante altitud, y es conocido que floración es más tardía en latitud más boreal y en mayores altitudes (Daniel *et al.*, 1982).

4 CONCLUSIONES

Para la evaluación a los 23 años de establecido el ensayo de tres procedencias de *Pinus cembroides* en Los Lirios, Arteaga, Coah, se concluye lo siguiente:

Se presentan diferencias estadísticas entre procedencias para sobrevivencia, para las cuatro variables de crecimiento (altura total, diámetro basal, diámetro normal, área basal por hectárea) evaluadas y para rectitud del fuste, por lo que se rechazan las hipótesis nulas de dichas variables.

La procedencia de Concepción mostró mayor sobrevivencia respecto a la procedencia de Saltillo y la procedencia Mazapil presentó mayores valores en las variables de crecimiento respecto a la procedencia de Saltillo. Para la rectitud del fuste las procedencias Mazapil y Saltillo, fueron superiores a la procedencia Concepción.

RECOMENDACIONES

Como resultado del presente estudio se recomienda:

Realizar el establecimiento de estas procedencias en áreas más al sur dónde las condiciones ambientales se pueda observar una respuesta más acentuada que la obtenida en el presente estudio.

Incluir en futuros trabajos la transformación del diámetro normal a área basal por hectárea y el diámetro de copa en área de copa por hectárea, ya que son variables que casi no son evaluadas en las plantaciones y son de interés para determinar la importancia y dominancia de la especie.

Realizar un estudio de viabilidad de semilla de la plantación, ya que ésta alcanzó la etapa inicial fisiológica para la producción de conos y de esta forma conocer cuál de las procedencias es de mejor para la producción de semilla.

En un futuro realizar un trabajo de simulación de aclareos con la misma intensidad, y aplicarlo, para observar la respuesta de las procedencias a este tratamiento.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, A. 1999. Genética forestal en Cuba: progreso en el 20TH siglo y desafíos en la 21. Forest Genetic Resources No. 27. FAO. Roma. Italia. Pp. 16-25.
- Batis M., M. I. Alcocer, M. Gual, C. Sánchez y C. Vázquez-Yanes. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Instituto de Ecología UNAM – CONABIO. México. 263 p.
- Bellido G., R., J. J. González S. y Melia J. M. 2010. Pruebas no paramétricas. Universidad de Valencia. Valencia, España. 5 p.
- Castellanos A., D., C. Saénz R., R. A. Liding C., N. M. Sánchez V., P. Lobbit, J. C. Montero C. 2013. Variación altitudinal entre especies y procedencias de *Pinus pseudostrobus*, *P. devoniana* y *P. leiophylla*. Ensayo de vivero. Revista Chapingo Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 19(3):399-411.
- Capó A., M. A. 2002. Establecimiento de plantaciones forestales: Los ingredientes del éxito. Universidad Autónoma Agraria Antoni Narro, Saltillo, Coah. 207 p.
- Capó A., M. A., R. López A. y E. Cornejo O. 1993. Crecimiento de *Pinus greggii* en suelo de ocho localidades. *In: Memorias I Congreso Mexicano sobre Recursos Forestales*. SOMEREF. Saltillo, Coah., México. 75 p.
- Clausen., E. K. 1990. Producción de semillas forestales genéticamente mejoradas. *In: Curso de mejoramiento genético forestal*. Centro de Genética Forestal. Chapingo. Mex. S/p.
- CONAFOR. 2001. Programa Estratégico Forestal para México 2025. México. 142 p.
- CONAFOR. 2009. Restauración de ecosistemas forestales. Zapopán, Jalisco. 63 p.
- CONAFOR. 2011. Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México. Comisión Nacional Forestal-Colegio de Posgraduados. México. 472 p.
- CONAFOR. 2010. Prácticas de reforestación, manual práctico. Gerencia de reforestación de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. Zapopan. Jalisco. Mex. 64 p.
- CETENAL. 1976. Carta geológica. San Antonio de las Alazanas. G14C35. Escala 1:50,000. México.

- Cibrián T., D. 1985. Insectos de los piñoneros. *In*: Flores, L. J., Cantú, A. C. M. y Marroquín, J. I Simposio Nacional sobre Pinos piñoneros. Facultad de Silvicultura. UANL. Linares, N. L. México. Pp. 174-192.
- CNA.1998. Carta de cuencas hidrológicas. Escala 1:250000
- CONABIO. 1998. Carta de climas. Escala. 1:1000000. México.
- CONAGUA. 2010. Departamento de hidrología operativa. Precipitación y Temperaturas de la Estación Meteorológica de Jame, Arteaga, Coahuila.
- Cornelius, J. P., J. F. Mesén y E. A. Corea. 1994. Manual sobre mejoramiento genético forestal. Centro de Agronómico y Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 218 p.
- Curtis, J. T. y McIntosh R.P. 1951. An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Cozzo, D. 1995. Silvicultura de plantaciones maderables. Tomo 1. Ed. Orientación Gráfica. Buenos Aires, Argentina 438 p.
- Daniel, T. W., J. A. Helms y F. S. Backer. 1982. Principios de Silvicultura. 2ª ed. McGraw-Hill. México. 500 p.
- De los Ríos C., E., R. De Hoogh y J. J. Nívar C. 2008. Ensayos de especies con pinos piñoneros en el nordeste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 14(2): 97-104.
- DETENAL. 1979. Carta de uso de suelo. San Antonio de las Alazanas. Escala 1: 50,000 SSP. México.
- Domínguez C., G. 2003. Evaluación del daño causado por *Retinia arizonensis*. Miller (Lepidoptera – Tortricidae) en una plantación de *Pinus cembroides* Zucc. en el ejido Carneros, Saltillo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 77 p.
- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 623 p.
- FAO. 2006. World reference base for soil resources. World Soil Resources Reports No. 103. Food Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 145 p.

- García, E. 1987. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México. 213 p.
- Gómez R., M., J. C. Soto C., J. A. Blanco G., C. Sáenz R., J. Villegas R., R. Lindig C. 2012. Estudio de especies de pino para restauración de sitios degradados. *Agrociencia* 46:795-807.
- González, A. J., García M E., J. J. Vargas, A. Trinidad S., A. Ramero M. y V. M. Cetina A. 2006. Evaluación de la producción y análisis de conos y semillas de *Pinus cembroides* Zucc. *Revista Chapingo Serie de Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(2):133–136.
- INEGI. 2009 Carta de uso del suelo y vegetación. Escala 1:250000, serie IV continuo nacional.
- INEGI. 2010. Carta topográfica. San Antonio de las Alazanas. G14C35. Escala 1:50,000
- INIFAP. 1995. Carta de edafología. Escala 1:1000000.
- Irineo, E. L., G. Sánchez R., J. Martínez A., P. Reyes C. 2015. Evaluación del daño por *Rethinia arizonensis* (Heinrich) (Lepidoptera – Tortricidae), parámetros estructurales y regeneración natural en *Pinus nelsonii* (Shaw) y *Pinus cembroides* (Zucc.) En Maquihuana, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 31(3): 367-379.
- Jara, L. F. 1995. Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Manual técnico N° 14. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 174 p.
- Jiménez G., A., R. Sotolongo S., M.R. García L., F. M. De la Caridad B. y N. I. Sánchez B. 2010. Evaluación de la Concepción y estructura del bosque semidesiduo en la región montañosa de Sora. Reserva de la biosfera Sierra del Rosario. Baracoa número especial (29):
- Lanner R., M. 1981. The pinon pine: A natural and cultural history University of Nevada Press. Reno, NV. USA. 208 p.
- López U., J., J. Jasso M., J. J. Vargas H. y C. Ayala S. 1993. Variación de características morfológicas en conos y semilla de *Pinus greggii* Engelm. *Agrociencia* 3(1): 81-84.

- Lucio D., C. 2011. Sobrevivencia, crecimiento y arquitectura de copa en tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Saltillo, Coahuila. 60 p.
- Lusk H., C. y C. Le-Quesne. 2000. Branch whorls of juvenile *Araucaria araucana* (Molina) Kochi are they formed annually?. Revista Chilena de Historia Natural 73: 497– 501.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2ª ed. Ediciones Botas. México. 361 p.
- Mesén, J. F. 1994. Ensayos de procedencias en especies forestales: establecimiento, manejo, evaluación y análisis: *In*: Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal. J.P. Cornelius, J.F. Mesen y E.A. Corea. Centro de Agronómico y Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba, Costa Rica. Pp. 26-43.
- Morales L., P. 2002. Sobrevivencia, crecimiento, arquitectura de copa y características estomáticas en tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antoni Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 64 p.
- Monárrez G., J. C. 2000. Guía para el establecimiento, manejo y comercialización de plantaciones especializadas de árboles de navidad. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Texcoco, México. 94 p.
- Muñoz F., T. 2006. Crecimiento de *Pinus Johannis* M-F. Robert en un ensayo de procedencias en Mesa de las Tablas, Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 33 p.
- Niembro R., A. 1990 algunas especies nativas y exóticas apropiadas para plantaciones forestales. *In*: Curso de mejoramiento genético forestal. Centro de Genética Forestal. Chapingo, Mex. S/p.
- Sánchez R., H. 2013. Sobrevivencia y Crecimiento de *Pinus johannis* M.-F. Robert en un ensayo de procedencias a diez años de su establecimiento en Mesa de Las Tablas, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antoni Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 43 p.
- Infante G., S. y G. P. Zárate de L. 1991. Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario. Trillas. México. 643 p.

- Sierra de Grado, R. y R. Diez B. y R. Alias M. 1999. Evaluación de la rectitud del fuste en seis procedencias de *Pinus pinaster* Ait. Palencia, España. Sistema de Recursos Forestales. 8(2): 263-278.
- Plancarte B., A. 1990 a. Manual para el establecimiento y evaluación de ensayos de especies y procedencias, Boletín técnico No 4. Centro de Genética Forestal. Chapingo, México. 36 p.
- Plancarte B., A. 1990 b. Variación en longitud del cono y semillas en *Pinus greggii* Engelm. de tres procedencias de Hidalgo y Querétaro. Nota técnica No. 4. Centro de Genética Forestal, A. C. Lomas de San Juan, Chapingo, México. 6 p.
- Pederse, A. P., K. Olesen y L. Graudal. 1993. Mejoramiento forestal a nivel de especies y procedencias. *In: Mejoramiento y conservación de recursos genéticos forestales*. Tomo I. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Pp. 57-78.
- Ramírez G., J. 2008. Ensayo de tres procedencias de *Pinus pinceana* Gordon en tres localidades del norte de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 53 p.
- Reynoso P., A. 2006. Crecimiento y características de la copa de nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el Ejido 18 de marzo, Galeana, N.L. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 30 p.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ª edición digital. Limusa. México. 432 p.
- Vargas H., J. J. y A. Muñoz O. 1988. Resistencia a sequia: II. Crecimiento y supervivencia en cuatro especies de *Pinus*. *Agrociencia* 72: 197-208.
- Vargas H., J. J. 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en el norte de México. Documentos de trabajo: Recursos Genéticos Forestales. Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales. FAO. Roma, Italia. 38 p.
- Velasco G., M. V. 2001. Ensayo de 13 procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 77 p.

- Vela M., R. 2002 Sobrevivencia, crecimiento y arquitectura de copa en una prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm. en el CAESA, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 55 p.
- Velarde R., C. J. 2002. Estudio de crecimiento y elaboración de la tablas de volumen para *Pinus lawsoni* y *Pinus oocarpa*. en Tancítaro, Michoacán. Tesina para diplomado Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 72 p.
- Viveros V., V., C. Sáenz R, J. J. Vargas H. y J. López U. 2006. Variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* establecida en dos sitios en Michoacán, México. Revista Fitotecnia Mexicana 29(2):121-126.
- Zobel, B. J. y J. P. Van Buijtenen. 1989. Wood variation. Its causes and Control. Springer-Verlag. Berlin. 357 p.
- Zobel, B. J. y J. T. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México. 545 p.
- .

ÁPENDICE

Apéndice 1. Resultados de prueba de Kolmogorov-Smirnov para diversas variables de las tres procedencias utilizadas en el ensayo de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah.

| Variable | K-S |
|-------------------------|----------|
| Sobrevivencia | 0.183753 |
| Altura | 0.203806 |
| Diámetro basal | 0.132248 |
| Diámetro normal | 0.179239 |
| Área basal por hectárea | 0.132248 |
| Diámetro de copa | 0.148011 |
| Cobertura por hectárea | 0.148011 |
| Número de fustes | 0.204151 |
| Número de verticilos | 0.126549 |
| Rectitud del fuste | 0.140393 |
| Bifurcación | 0.151081 |
| Número de ramas | 0.195097 |
| Diámetro de ramas | 0.140943 |
| Angulo de ramas | 0.188002 |
| Número de conos | 0.11633 |