



Dirección de Investigación

Subdirección de Programación y Evaluación

Proyecto de Investigación 2018

Unidad:	Saltillo	División:	Agronomía	Departamento:	Forestal
Programa de Investigación:	Recursos Genéticos Forestales				
Línea de investigación:	Mejoramiento Genético y Conservación de Recursos Forestales				
Título del proyecto:	Diseño y planeación de la conversión de un ensayo de procedencias de <i>Pinus cembroides</i> Zucc. a una área semillera, establecido en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA), Arteaga, Coah.				
Presupuesto solicitado (Máximo \$100,000)	\$70,000.00	El proyecto es:	Nuevo	Continuación	XX
Tipo de investigación:	Básica	Aplicada	<input checked="" type="checkbox"/> Tecnológica	e-mail del responsable	e.cornejo@forestal.org.mx
Vinculación:	Si	No	<input checked="" type="checkbox"/> Fondos concurrentes:		
Cooperante(s):					
Entidad (es):			Municipio (s):		
Localidades:	Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga de la UAAAN, Arteaga, Coahuila				
A realizar durante el año(s):	2018				
Participantes		Adscripción (Clave Depto.)	Expediente No.	Firma	
Responsable	Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo	02207	2794		
Colaborador:	M.C. Salvador Valencia Manzo	02207	3080		
Colaborador:	Dr. Celestino Flores López	02207	3126		
Colaborador:	MC. José Aniseto Díaz Balderas	02207	3860		
Colaborador:					
Colaborador:					
Colaborador:					
		Nivel estudios	Matrícula	Firma	
Tesista:	Gamadiel Reymundo Pérez Pérez	Licenciatura	41147695		
Programa Docente:	Ingeniero Forestal				
Tesista:	Juan Carlos Pérez Espinoza	Licenciatura	41147596		
Programa Docente:	Ingeniero Forestal				
Tesista:					
Programa Docente:					
	Vo. Bo.		Autoriza		
Firma y sello					
Nombre	M.C. Salvador Valencia Manzo Jefe de Departamento		Dr. Armando Robledo Olivo Subdirector de Programación y Evaluación		

• Cada Jefe de Departamento deberá dejar copia para su archivo

1.-Título del proyecto

Diseño y planeación de la conversión de un ensayo de procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. a una área semillera, establecido en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA), Arteaga, Coah.

2.- Introducción

Antecedentes

En el CAESA de la UAAAN, Los Lirios, Arteaga, Coah., se establecieron en 1992 cinco plantaciones experimentales las cuales además de permitir diversas evaluaciones en los proyectos de investigación, constituyen áreas de conservación *ex situ*, y tienen el potencial para ser fuentes de germoplasma identificado y de calidad superior. En la medida en que se mantengan, evalúen y amplíen este tipo de plantaciones en el CAESA, así como se integren los trabajos allí realizados y otros más, será posible la realización de un programa o proyecto para la conservación y el mejoramiento genético de las coníferas del Noreste de México. Los objetivos de estas plantaciones incluyen la aclimatación de diversas especies, además la selección de tres procedencias, para *Pinus greggii* Engelm. y tres para *Pinus cembroides* Zucc., para la producción de árboles de navidad y de reforestación, además hasta la comparación de progenies de 17, 18 y 22 árboles maternos de *greggii* para la producción de semilla mejorada que será destinada a la propagación de plántulas para la forestación y la reforestación en sitios similares en donde están establecidos estos ensayos.

Justificación

Después de 25 años, los árboles del ensayo de procedencias de *Pinus cembroides* Zucc., presentan características fenotípicas y fenológicas que hace necesario su conversión área semillera, con un solo proceso de selección, de manera que se colecte semilla para la propagación de plántulas destinadas a la reforestación de sitios degradados.

Relación con otros estudios y/o antecedentes que lo originaron; con base en el ensayo de procedencias de *Pinus cembroides* Zucc se han generado dos tesis de licenciatura y cuatro ponencias en diversos congresos nacionales e internacionales:

Tesis de licenciatura:

1. Morales L., P. 2002. Sobrevivencia, crecimiento, arquitectura de copa y características estomáticas en tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga Coahuila. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
2. Lucio D., C. 2011. Sobrevivencia, crecimiento y arquitectura de copa en tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc, en el CAESA, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
3. Núñez A., E. 2016. Crecimiento y Estructura de Copa en Tres Procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.

Ponencias:

1. Morales L., P., Cornejo O., E. H., Aldrete M. E. y Valencia M., S. 2002. Sobrevivencia de tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en Los Lirios, Arteaga, Coah. Resúmenes. Memoria del XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Saltillo, Coah.
2. Morales L., P., Cornejo O., E. H., Valencia M., S. y Aldrete M., E. 2003. Sobrevivencia y crecimiento de tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. Resúmenes de las Ponencias. VI Congreso Mexicano de Recursos Forestales. San Luis Potosí, S. L. P.
3. Morales L., P., Cornejo O., E. H., Valencia M., S., Murillo S., M. M. y Aldrete M., E. 2004. Crecimiento y características estomáticas de tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en el CAESA, Arteaga, Coah. Memoria de Resúmenes. XX Congreso Nacional de Fitogenética. Toluca, Edo. de México.

4. Cornejo O., E. H., Morales L., P., Valencia M., S. y Murillo S., M. M. 2008. Supervivencia, crecimiento y características estomáticas de tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc., en Arteaga, Coahuila. Memoria de Resúmenes. XXII Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética. Chapingo, Edo. de México
5. Valencia M., S., Núñez A., E., Díaz B., J.A., Flores L., C. y Cornejo O., E. H. 2016. Supervivencia y crecimiento en un ensayo de procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. en Arteaga, Coah. Memoria de Resúmenes. XXVI Congreso Nacional y VI Internacional de Fitogenética. Villahermosa, Tab.

Objetivos

1. Seleccionar los mejores árboles y establecer una área semillera de mediante la simulación y aplicación de aclareos en un ensayo de procedencias de *Pinus cembroides* Zucc., en Arteaga, Coahuila.
 2. Determinar el índice de selección de árboles semilleros.
 3. Aplicar el índice de selección para la elección de los mejores árboles semilleros.
 4. Diseñar un plan de simulación y aplicación de aclareos.
 5. Seleccionar árboles con fenotipos para la producción de semilla
 6. Medir atributos de la forma de la copa y tamaño de los árboles seleccionados
 7. Simular el establecimiento de una área de producción de semilla mediante aclareos, utilizando el software Sistema de Visualización del Rodal (Stand Visualization System).
- Impulsar las áreas de mejoramiento genético forestal, ecofisiología y silvicultura de la carrera de Ingeniero Forestal de la UAAAN

Hipótesis

El diámetro normal, diámetro basal, altura total, largo de conos y ancho de conos son variables que sirven para seleccionar los mejores árboles para la producción de semilla.
La metodología de combinación de análisis por grupos y métodos multivariados es efectiva para seleccionar los árboles por sus mejores características

3.-Revisión de Literatura

Una alternativa para hacer frente a las necesidades actuales de madera ha sido el establecimiento de plantaciones forestales. Aun así, en el siglo XXI se espera que incremente la demanda de madera para uso como combustible (Dvorak, 1998). De manera que para los próximos 50 años se estima que la necesidad de plantaciones forestales adicionales será entre 24 y 56 millones de hectáreas (Anaplan, 2000). Por otra parte, las tierras para plantaciones serán cada vez más y más marginales dado que los mejores terrenos se utilizan para otras actividades como la agricultura y ganadería (Dvorak, 1998). De manera que las plantaciones forestales comerciales representan la única forma de mayor rentabilidad para la producción de fibra a costos razonables. En este sentido, las plantaciones deben verse como un apoyo o complemento a los bosques nativos, más que como una sustitución de éstos, pues es necesario mantener la diversidad genética de los bosques (Eguiluz, 1990).

Relativamente la pequeña área de plantaciones forestales es insuficiente para la provisión de madera en el mundo, sin embargo actualmente las plantaciones contribuyen entre el siete y diez por ciento de la producción de la madera para la industria. Además, una plantación bien manejada produce de 3 a 5 veces más en comparación con un bosque nativo. Una estrategia para incrementar la producción de los bosques es establecer plantaciones con germoplasma nativo, ya certificado, en áreas quemadas, plagadas, abandonadas por cambio de uso de suelo, cortinas protectoras y aquellas cubiertas por rodales de pobre calidad y vigor (Eguiluz, 1990).

Existen diversas formas de clasificar las plantaciones forestales (Eguiluz, 1990). De manera general se puede señalar:

- a) Comerciales o industriales. Para aserrío, celulosa, papel, tableros, fibras, extractivos, leña, combustible, árboles de navidad, alimenticias, artesanales y producción de semillas selectas.
- b) Protectoras. De cuencas hidrográficas y vasos de almacenamiento de presas, cortinas rompe vientos, cortinas abate ruidos, fijación de dunas, cercas vivas, recuperación de suelos erosionados, alineación de calles y carreteras, etc.
- c) Ornamentales, escénicas, recreativas y de importancia social. En parques, jardines, calles, campos deportivos, y todas las relacionadas con arquitectura del paisaje.
- d) De importancia biológica, experimentales y/o de investigación. Aquellas establecidas con fines demostrativos y

de protección, estudios de heredabilidad, jardines botánicos, bancos clonales y huertos semilleros.

Propiedades físicas de la madera

Las propiedades físicas de la madera dependen fundamentalmente de los siguientes factores:

- a) La cantidad de elemento básico que forma paredes celulares de la madera.
- b) La disposición y orientación de los materiales que forman las paredes celulares.
- c) La composición química del elemento básico, que explica muchas diferencias cuantitativas en el comportamiento de la madera.

Dos características fundamentales para determinar el uso de la madera son el peso específico que es la relación del peso de un volumen dado de madera con el peso de un volumen igual de agua, esta característica es de especial interés ya que es el índice más importante de sus características mecánicas, en cuanto mayor sea el contenido de material leñoso mayor será la resistencia a las acciones mecánicas; y la densidad de la madera que es el peso de la madera expresado por volumen cúbico. La densidad de la madera es de gran importancia para su uso ya que no afecta solo su fuerza, sino también en la producción de celulosa y las calidades de maquinado.

La madera varía no solo en densidad sino también en otras propiedades; la longitud de la fibra al igual que el de las traqueidas son propiedades que pueden tener un efecto determinante en el uso de la madera (Hocker, 1984; Zobel y Talbert 1988). Algunas características del papel como la flexibilidad, la resistencia a la tensión, desgarre, rotura, capacidad de impresión y de plegamiento pueden ser afectadas por las propiedades de las fibras o traqueidas, pero pueden modificarse a través del mejoramiento genético.

Traqueidas

Las traqueidas son células largas de paredes gruesas que tienen funciones de conducción y sostén en la madera (Padilla, 1987). Para la producción de papel de buena calidad se requieren traqueidas con longitudes mayores de 25 mm; en madera juvenil las traqueidas son cortas y de menor longitud cerca del centro del árbol y aumenta hacia la madera tardía donde alcanza un grado y se mantiene estable (Zobel y Talbert, 1988).

Huerto semillero

El método más común para obtener semilla genéticamente mejorada en cantidades comerciales, es utilizar los huertos semilleros. Un huerto semillero es una plantación de clones o progenies seleccionados que se aísla o maneja para evitar o reducir la polinización a partir de fuentes externas, y que se maneja para producir frecuentes cosechas de semillas, abundantes y fácilmente obtenibles. Existen varios tipos de huertos semilleros como el huerto vegetativo que se produce a partir del uso de propágulos vegetativos como injertos y estacas; otro tipo es el huerto semillero de plántulas, que se establece mediante la siembra de plántulas en la cual posteriormente se hace una depuración eliminando los árboles indeseables dejando los mejores árboles de las mejores familias para la producción de semillas. Bajo ciertas condiciones, una plantación para prueba genética puede convertirse en huerto semillero satisfaciendo al mismo tiempo ambos objetivos (Zobel y Talbert 1988).

4.- Procedimiento Experimental

Materiales y métodos

El área experimental se localiza en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA), de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Arteaga, Coah., a una distancia aproximada de 45 km de Saltillo, Coah., entre las coordenadas geográficas 25° 23' – 25° 24' de latitud Norte y 100° 36' – 100° 37' de longitud Oeste, a una altitud de 2280 msnm (INEGI, 2000).

Descripción del área experimental

El área se encuentra dentro de la región hidrológica Bravo - Conchos (RH24) y la cuenca hidrológica Río Bravo - San Juan (24B) (SPP, 1983). Están presentes dos arroyos intermitentes uno en la parte Norte y otro en la parte Oeste, que nacen en la parte alta de la Sierra Rancho Nuevo (INEGI, 2000). La geología del CAESA está constituida de rocas de origen sedimentario, con depósitos de aluvión (CETENAL, 1976). Los suelos predominantes son los feozem calcáricos y en menor proporción las rendzinas, con una textura fina, que se encuentran en fase petrocálcica (CETENAL, 1977a).

De acuerdo con la estación meteorológica de San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah., ubicada a 12 km del CAESA, el clima es templado con verano fresco y largo, con una temperatura media anual de 13.6° C; la temperatura media del mes más frío es de 9° C y la del mes más caliente es de 16.1° C; las temperaturas más altas se presentan

en los meses de mayo a julio y las más bajas de diciembre a febrero; la precipitación media anual es de 521.2 mm; los meses con mayor precipitación son de junio a septiembre y los meses más secos son febrero y marzo, siendo julio el mes más lluvioso (CONAGUA, 2001). La fórmula climática del área de estudio es Cb(X')(Wo)(e)g (García, 1983).

Procedencias

Los materiales empleados en la realización del presente trabajo son tres procedencias de *P. cembroides* (Cuadro 1). La semilla se obtuvo a través del proyecto de investigación "Banco de germoplasma de árboles del Norte de México" de la UAAAN. Las plantas se propagaron en el vivero del Departamento Forestal usando el sistema de propagación tradicional con envases de polietileno negro, con tierra de monte como sustrato.

Cuadro 1. Localización geográfica, altitud, precipitación y temperatura de las tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. ensayadas en el CAESA.

Procedencia (nombre)	Localización geográfica		Altitud (msnm)	Pp (mm)	T (°C)
	Latitud Norte	Longitud Oeste			
Cañón de la Laja, Santa Olaya, Mazapil, Zac. (Mazapil)	24° 35' 08"	101° 27' 52"	2680	476 ^{††}	16.3 ^{†††}
Sierra Guadalupe Garzarón, Concepción del Oro, Zac. (Concepción)	24° 35' 25"	101° 11' 08"	1690	476 ^{††}	16.3 ^{†††}
Santa Victoria, Saltillo, Coah. (Saltillo)	25° 30' 36"	101° 10' 19"	2360	370 [†]	18.8 ^{††}

[†] = (CETENAL, 1977b), ^{††} = (CETENAL, 1977c), ^{†††} = CONAGUA (2001) ^{††††} = (INIFAP, 1990); Pp = Precipitación media anual, T = Temperatura media anual

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en la plantación fue de bloques completos al azar, con tres procedencias (tratamientos), cuatro bloques colocados perpendicularmente respecto de la pendiente y 48 plantas como unidad experimental (576 plantas en total). Además se usaron 102 plantas de borde de la misma especie, para dar un total de 678 plantas. La plantación del ensayo de procedencias se realizó los días 17 y 18 de junio de 1992. La edad de la planta, en el momento de la plantación, fue de 43 meses. La distribución se hizo en tres bolillo con 1.8 m de espaciamiento y plantadas en cepa común.

El procedimiento para realizar este trabajo primeramente será la creación del polígono de la plantación utilizando un GPS, para ubicar cada uno de los vértices de la plantación, posteriormente se ubicarán cada uno de los árboles dentro del polígono de la misma forma. A cada uno de los árboles, dentro de las unidades experimentales, se les medirá variables continuas y discretas, que se incluirán en el índice de selección (Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables continuas y discretas consideradas para la definición del índice de selección para el ensayo de tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc., establecido en el CAESA, Arteaga, Coah.

Variables			
Continua		Discreta	
Variable	Instrumento de Medición	Variable	Instrumento de Medición
Altura total (AT)	Pértiga de 10 m	Número total de verticilos	Conteo directo
Diámetro basal	Forcípula	Número de ramas por verticilo	Conteo directo
Diámetro normal (DN)	Forcípula	Número de conos	Conteo directo
Diámetro de copa (DC)	Flexómetro de 5 m	Rectitud del tallo	Determinación visual
Diámetro de rama (DR)	Vernier digital de 15 cm	Bifurcación del tallo	Conteo directo
Ángulo de ramas (AR)	Transportador de 180°		
A partir del DN y hacia arriba, medir la longitud del tallo hasta la mitad del valor del DN	Flexómetro de 5 m		

Esta será la base de datos que alimentará al software conocido como Sistema de Visualización de Rodal (Stand Visualization System) que al procesar la información permitirá generar gráficas de la plantación y así simular los aclareos y la creación del área de producción.

Toda esta planeación se hará previamente antes de decidir que árboles se derribarán para dejar en pie los árboles destinados a la producción de semilla con las mejores características fenotípicas. Se considera que esta es una fase inicial de la planeación, ya que será necesario realizar diversas simulaciones que se aplicarán en dos o tres años, con el propósito de convertir, paulatinamente el ensayo de procedencias, en un área de producción de semilla con un proceso de selección y evitar daños mecánicos a los árboles seleccionados.

Cronograma de Actividades.

Actividad a realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Selección de arbolado	X	X	X									
Simulación de aclareos		X	X	X	X	X						
Marcado de árboles de acuerdo a los aclareos							X	X	X	X		
Preparación de ponencia con resultados preliminares									X	X	X	
Análisis estadístico y redacción de capítulo de tesis									X	X	X	X

5.-Productos Esperados

Al menos una tesis de licenciatura con una propuesta inicial de establecimiento de un área semillera con base en un ensayo de procedencias de *Pinus cembroides* Zucc.
 Una base de datos con información dasométrica para alimentar al Sistema de Visualización del Rodal.
 Material preliminar para presentarse en un congreso.

6.-Literatura Citada

Anaplan. 2000. La necesidad de plantaciones forestales. Boletín Anaplan. Vol. 4. Ejemplar 4.

CETENAL (1976) Carta geológica. San Antonio de las Alazanas. G14C35. Escala 1:50,000. México.

CETENAL (1977a) Carta edafológica. San Antonio de las Alazanas. G14C35. Escala 1:50,000. México.

CETENAL (1977b) Carta topográfica. General Cepeda. G14C32. Escala: 1:50,000. México.

CETENAL (1977c) Carta topográfica. Concepción del Oro. G14C62. Escala: 1:50,000. México.

CONAGUA. 2001. Departamento de hidrología operativa. Precipitación y Temperaturas de la Estación Meteorológica de San Antonio de Las Alazanas, Arteaga, Coahuila.

Dvorak, W.S. 1998. World forestry trends. In: International short course of forest genetics and tree improvement. NCSU. North Carolina. USA.

Eguiluz P., T. 1990. Establecimiento y manejo de plantaciones forestales. En: Memoria mejoramiento genético y plantaciones forestales. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo, Mex. pp. 188-207.

García E (1983) Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México. 245 p.

Hocker H W (1984) Introducción a la Biología Forestal. AGT. Editor. México. 446 p.

INEGI (2000) Carta topográfica. San Antonio de las Alazanas. G14C35. Escala 1:50,000. México.

INIFAP (1990) Datos climatológicos del estado de Zacatecas. INIFAP, SARH. México. pp: 71-72.

Padilla G., H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. Limusa, México. 118 p.

SSP. (1982) Síntesis geográfica de Coahuila. México. 165 p.

Zobel B J y J T Talbert (1988) Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales. Limusa. México. 545 p.