



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:	Estudio epidométrico en un ensayo de tres procedencias de <i>Pinus cembroides</i> Zucc., 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	X	Tecnológica	e-mail del responsable e.cornejo@forestal.org.mx
Vinculación:	Si	No	X	Fondos concurrentes:	
Cooperante(s):					
Entidad (es):	Municipio (s): Arteaga				
Localidades:	Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga de la UAAAN, Arteaga, Coahuila				
A realizar durante el año(s):	2017				
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	Matricula	Firma	
Tesista:	José Luis González Castañeda	Licenciatura	41147984		
Programa Docente:	Ingeniero Forestal				
Tesista:	Ernesto Gayosso Espíndola	Licenciatura	41147216		
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		

DEPARTAMENTO DE FORESTAL. Cada vez que el Departamento deberá dejar copia para su archivo

1.-Título del proyecto

Estudio epidométrico en un ensayo de tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc., 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 tres procedencias de *Pinus cembroides* Zucc., presentan características fenotípicas y fenológicas que hace necesario su estudio epidométrico para caracterizar su crecimiento e incremento mediante análisis troncales que permita entender mejor los hábitos de crecimiento e incremento en altura, diámetro y volumen para proyectar la producción maderable en condiciones de plantaciones para sitios degradados o pobres. 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. Supervivencia, 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. Supervivencia, 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. Supervivencia 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. Supervivencia 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

Caracterizar y describir el crecimiento e incremento en altura, diámetro, área basal y volumen a partir de la información generada de análisis troncales de *Pinus cembroides* Zucc., localizado en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga Coahuila

Hipótesis

Ho: Existe diferencia significativa en el crecimiento e incremento en altura, diámetro, área basal, y volumen de *Pinus cembroides* Zucc., a partir de la información generada de análisis troncales.

Ha: No existe diferencia significativa en el crecimiento e incremento en altura, diámetro, área basal, y volumen de *Pinus cembroides* Zucc., a partir de la información generada de análisis troncales.

3.-Revisión de Literatura

Klepac (1976) y Prodan *et al.*, (1997) definen de la siguiente manera los diferentes tipos de crecimiento e incrementos en los árboles; Crecimiento: es el fenómeno representado respectivamente por su desarrollo o incremento gradual en un organismo o población en un periodo de tiempo determinado, aumentando sus dimensiones en altura, diámetro y volumen. Crecimiento primario: es el que se origina en el meristemo apical de vástagos y las raíces. Crecimiento que ocurre en todo el fuste, ramas y puntas de las raíces, dando lugar a la ramificación. Crecimiento secundario: crecimiento derivado del meristemo lateral, dando como resultado un aumento en diámetro. Incremento: aumento en las dimensiones de un árbol o bosque durante un periodo de tiempo determinado. Incremento total: es el crecimiento que alcanza un árbol o bosque durante toda su vida. Incremento periódico anual: es el promedio anual del incremento periódico. Incremento medio anual: es el promedio anual del incremento total; se obtiene dividiendo las dimensiones de un árbol o bosque entre su edad. Incremento corriente anual: es el crecimiento que logra un árbol o bosque en el transcurso de un año.

El crecimiento e incremento de los árboles en altura, diámetro y volumen derivan de la elongación y engrosamiento de raíces, ramas y troncos, que causan un cambio en el peso, forma y tamaño del árbol, además que estos crecimientos e incrementos dependen básicamente de distintos factores que el profesional forestal debe tomar en cuenta, como son los climáticos, edáficos, fisiográficos y otros factores fundamentales como la densidad, edad y composición del bosque, y de los tratamientos silvícola aplicados al bosque (Husch *et al.*, 1972).

El crecimiento de las plantas depende del potencial genético expresado a través de su fisiología dentro del medio en el que se desarrollan. Los individuos de un bosque presentan muchos ritmos de crecimiento, dichos individuos son eliminados por el proceso de selección natural o artificial, por lo que el desarrollo e incremento de un bosque es diferente al incremento y desarrollo de un árbol (Klepac, 1976; Daniel *et al.*, 1982).

El patrón de crecimiento puede ser comprendido gracias a los métodos que se originan en los estudios de investigación para conocer la respuesta del crecimiento de los bosques y al uso de modelos matemáticos, para proyectar el crecimiento de una especie o conjunto de especies en un periodo de tiempo determinado, a través de curvas obtenidas por el ajuste de los modelos matemáticos. Las curvas de incremento se presentan de manera diferente a las curvas de crecimiento, debido a que dependen del genotipo, la variable dasométrica empleada (altura, diámetro, área basal y volumen) y de desarrollo en que se encuentran los árboles (Klepac, 1976; Prodan *et al.*, 1997).

Crecimiento e incremento del árbol en altura

El crecimiento en altura se manifiesta normalmente en primavera con gran intensidad, con una duración de dos a tres semanas, después el aumento decrece gradualmente, en algunas especies se interrumpe, pero en algunas no se presenta interrupción alguna hasta el mes de septiembre u octubre. Esta variación, probablemente, se deba a su diferente reacción al fotoperiodo. Las curvas de crecimiento en altura para las especies forestales tiene una forma de S, a la cual se deriva la curva de incremento, donde el punto de inflexión de la curva S indica la culminación del incremento corriente anual (Klepac, 1976).

El crecimiento en longitud de los brotes es el resultado del desarrollo de primordios, que por lo común permanecen en estado de latencia durante un periodo de tiempo, en el interior de las yemas. El crecimiento e incremento en altura también es determinado por la cantidad de nutrientes que acumula el árbol durante el año. Debe enfatizarse que el tiempo de culminación del incremento en altura, el valor total y el ritmo de crecimiento de las diferentes especies depende de varios factores como el genotipo, aquellos ambiente en el que se desarrollan y la calidad de estación

(Klepac, 1976).

Crecimiento e incremento del árbol en diámetro

Los mismos factores que determinan el crecimiento e incremento en altura, también influyen en el crecimiento e incremento en diámetro. Este crecimiento también depende de la cantidad de reservas que el árbol acumule durante el año, pero depende en mayor parte del ambiente en que se desarrolla, en comparación con el crecimiento e incremento en altura. El incremento en diámetro aumenta cuando existe mayor espacio entre árboles y mayor luz solar. El incremento anual en diámetro del árbol se manifiesta en los anillos de crecimiento. Este incremento no es igual en todo el largo del tronco. Los anillos son más anchos en la parte superior del tronco, inmediatamente, por debajo de las primeras ramas, y a medida que la altura del tronco disminuye el ancho de los anillos decrece, y en la base del árbol los anillos se ensanchan otra vez. Bajo condiciones normales, en un principio el incremento en diámetro es pequeño, posteriormente, aumenta su actividad disminuyendo gradualmente, llegando a ser menor en los árboles viejos. La curva del crecimiento en diámetro es también en forma de S como el crecimiento en altura, sólo que se diferencia por ser más plana y por su forma de línea recta en la base de su origen (Klepac, 1976).

Crecimiento e incremento del árbol en área basal

El área seccional o superficie correspondiente al fuste del árbol a la altura del pecho y proyectada al suelo se le conoce como el área basal. El crecimiento en área basal es más variable que el incremento en diámetro, ya que aunque el incremento en diámetro del fuste no cambie, el área basal aumentará, por lo que el volumen del árbol es proporcional al diámetro al cuadrado (Klepac, 1976).

Crecimiento e incremento del árbol en volumen

El incremento en volumen del árbol está determinado por la producción de madera, follaje, semilla, sistema radicular y frutos, otra parte se pierde durante la transpiración del árbol. El volumen del árbol aumenta conforme la altura y el diámetro incrementan desde su germinación hasta su muerte. La curva de crecimiento en volumen también presenta la forma sigmoidea como el de crecimiento en altura y diámetro, sólo que la curva en volumen culmina más tarde que la de altura y diámetro. Esta característica se explica porque el incremento en diámetro interviene al cuadrado en el incremento en volumen, de tal manera que al disminuir el incremento en diámetro no disminuye el incremento en volumen. Conforme la edad del árbol aumenta, el diámetro disminuye, por lo que los anillos de crecimiento tienden a ser más reducidos, permaneciendo el incremento en volumen durante más tiempo al mismo nivel, hasta que los anillos de crecimiento se hacen más estrechos para que empiece a disminuir (Klepac, 1976).

Análisis troncales

El análisis troncal se define como el método más confiable para el desarrollo de índices de sitio, ya que por medio de éstos es posible reconstruir el crecimiento e incremento de un árbol durante un determinado tiempo de su vida. El método requiere el derribo y seccionado de los árboles a distancias conocidas para la obtención de rodajas de madera y determinar la edad y los diámetros a diferentes alturas, esto mediante el conteo y mediciones de anillos. Lo anterior permite obtener curvas de crecimiento e incremento en altura, diámetro, área basal y volumen (Klepac, 1976).

Pinus cembroides Zucc. es la especie del grupo de los pinos piñoneros más ampliamente distribuida, en casi todo el norte y centro del país (Rzedowski, 1978). Y las especies que tienen un amplio rango de distribución presentan una gran variabilidad dentro de la especie (Daniel *et al.*, 1982).

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 petrocálica (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

Recorridos de campo preliminares y definitivos

Se realizarán dos recorridos de campo en la plantación, el primero, preliminar con los siguientes objetivos: a) reconocer el área de la plantación de *Pinus cembroides* Zucc., y b) diseñar la colecta de las rodajas de madera. Y un segundo, definitivo con los siguientes objetivos: a) seleccionar árboles representativos de cada procedencia eligiendo árboles dominantes y codominantes, con un diámetro promedio mayor de 10 cm, b) coleccionar rodajas para realizar análisis troncales y c) acondicionar las rodajas con su respectiva identificación para su traslado al Laboratorio de Ingeniería Forestal de la UAAAN. Para caracterizar el proceso de crecimiento e incremento se seleccionarán 30 árboles en estado joven utilizando el muestreo selectivo, los árboles de la plantación se elegirán con base en los siguientes criterios fenotípicos: árboles sanos, vigorosos, dominantes y codominantes, con buena conformación de copa, libres de plagas y enfermedades, sin bifurcaciones en el fuste, además de que no presentaran alguna evidencia de daño físico.

Trabajo de campo

De los árboles seleccionados se registrará el diámetro a la base, a 0.30 m, a 1.30 m, y a las primeras ramas basales con una cinta diamétrica, además se les medirá la altura total, altura a un diámetro no menor a 3 cm con el uso de un longímetro. Una vez identificados los árboles, con la ayuda de una motosierra y serrotes se derribarán, para después marcar, trocear y obtener rodajas de 5 cm de espesor, a la altura de 0.30 m, después a 1.30 m, posteriormente, a cada 0.50 m, hasta donde la punta alcanzó un diámetro igual o mayor a 3 cm, los cortes se harán lo más perpendicularmente posible al eje longitudinal del árbol. Obtenidas todas las rodajas se ordenarán de mayor a menor con base al diámetro, anotando al reverso la clave del árbol, altura de corte con marcadores indelebles, posteriormente, las rodajas se guardarán en una bolsa de papel y de polietileno con su identificación correspondiente.

Procesamiento de datos

Las rodajas se procesarán para obtener los pares de valores de la edad con respecto a la altura, el diámetro, el área basal y el volumen, con dichos datos se probarán diversas funciones de crecimiento para ajustar los pares de valores, para lo cual se utilizará la regresión no lineal.

Cronograma de Actividades.

Actividad a realizar	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Recorrido de campo preliminar												
Reconocer el área de la plantación de <i>Pinus cembroides</i> Zucc		X	X	X								
Diseñar la colecta de las rodajas de madera					X	X						
Recorrido de campo definitivo												
Seleccionar árboles de cada procedencia eligiendo árboles dominantes y codominantes							X	X	X			
Colectar rodajas para realizar análisis troncales									X	X		
Acondicionar las rodajas con su respectiva identificación y su traslado										X	X	

5.-Productos Esperados

Caracterización del crecimiento e incremento en altura, diámetro, área basal y volumen de una plantación de *Pinus cembroides* Zucc.
 Una base de datos con información dasométrica sobre el crecimiento e incremento de *Pinus cembroides* Zucc.
 Material preliminar para presentarse en un congreso

6.-Literatura Citada

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.

Daniel T W, J A Helms y F S Backer (1982) Principios de Silvicultura. McGraw-Hill. México. 492 p.

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

Husch B., C. I Millar, T. W. Beers 1972. Forest mensuration. John Wiley & Sons. USA. 410 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.

Klepac, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Ed. E.N.A. UACH. México. 365 p.

Prodan, M., R. Peters, F. Cox y P. Real, 1997. Mensura Forestal. Proyecto IICA BMZ / GTZ, Sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible, San José, Costa Rica. 561 p.

Rzedowski J (1978) Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.

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