



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

---

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

**ESTABLECIMIENTO DE UNA UNIDAD  
PRODUCTORA DE GERMOPLASMA DE *PINUS  
CEMBROIDES* EN EL EJIDO CARBONERO  
JACALES, HUAYACOCOTLA, VER**

LUIS ANGEL LAGOS SANTOS

**T E S I N A**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRÍA TECNOLÓGICA EN  
MANEJO SUSTENTABLE DE BOSQUES

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

**2021**

La presente tesina titulada: **ESTABLECIMIENTO DE UNA UNIDAD PRODUCTORA DE GERMOPLASMA DE PINUS CEMBROIDES EN EL EJIDO CARBONERO JACALES, HUAYACOCOTLA, VER.**, realizada por el alumno: **LUIS ÁNGEL LAGOS SANTOS**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA TECNOLÓGICA EN  
MANEJO SUSTENTABLE DE BOSQUES

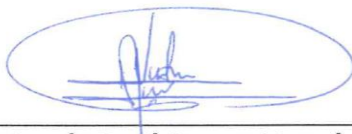
CONSEJO PARTICULAR



CONSEJERO

---

Dr. Carlos Ramírez Herrera



ASESOR

---

Dr. Valentín José Reyes Hernández



ASESOR

---

Dr. Alejandro Velázquez Martínez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, enero de 2021

**ESTABLECIMIENTO DE UNA UNIDAD PRODUCTORA DE  
GERMOPLASMA DE *Pinus cembroides* EN EL EJIDO CARBONERO  
JACALES, HUAYACOCOTLA, VERACRUZ**

**Luis Angel Lagos Santos, M.T.  
Colegio de Postgraduados, 2021**

**RESUMEN**

Una Unidad de Productora de Germoplasma Forestal (UPGF) es un rodal para la producción de semillas de calidad de especies forestales para el establecimiento de plantaciones. *Pinus cembroides* se distribuye desde el estado de Puebla en México hasta el sur de los Estados Unidos de América. El objetivo del presente trabajo fue: evaluar la densidad y selección de árboles para establecer una unidad productora de germoplasma forestal de *Pinus cembroides*. Se establecieron sitios de muestreo de 20 x 50 m. Todos los árboles dominantes y codominantes de *P. cembroides* se contaron en el sitio. La selección de los árboles se hizo con base en la altura, diámetro, volumen, rectitud de fuste, cobertura de copa y estructura de las ramas de los árboles en un rodal de esta especie que se localiza en 15 ha en el ejido Carbonero Jacales en Huayacocotla, Veracruz. También, se hizo una reclasificación de los árboles y solo se compararon árboles que edad fue no mayor de 10 años. La densidad fue 990 árboles dominantes y codominantes ha<sup>-1</sup>. Se seleccionaron 6 árboles clase I, 29 árboles clase II y 62 árboles clase III en el rodal para establecer la UPGF de *P. cembroides*. A través de la metodología nueva se ubicaron 35 árboles en la clase I, 17 árboles en clase II y 62 árboles en clase III. Una densidad alta se encontró en el rodal semillero de *Pinus cembroides*. Un número alto de árboles tuvieron una calidad alta para constituir la UPGF.

**Palabras clave:** germoplasma, *Pinus cembroides*, árboles seleccionados, densidad, Carbonero Jacales.

**ESTABLISHMENT OF A GERMPLASM PRODUCTION UNIT OF *pinus cembroides* IN THE EJIDO CARBONERO JACALES, HUAYACOCOTLA, VER.**

**Luis Angel Lagos Santos, M. T.  
Colegio de Postgraduados, 2021**

**ABSTRACT**

A Forest Germplasm Production Unit (FGPU) is a stand which produces quality seeds of forest species for plantation establishment. *Pinus cembroides* occurs from Puebla State in Mexico to the southern United States of America. In the present study, the objective was: to evaluate the tree density and tree selection to establish a forest germplasm production unit of *Pinus cembroides*. Sample plots of 20 x 50 m were established. All dominant and codominant trees were counted in the plot. The selection of the trees was done base on the height, diameter, volume, straight trunk, crown cover and structure of branches in a stand of this species, located in 15 ha at the Ejido Carbonero Jacales in Huayacocotla, Veracruz. Also, a reclassification was done, with trees no bigger than 10 years of age. The tree density was 990 dominant and codominat trees. There were six trees like class I, 29 trees like class II and 62 trees like class III in the FGPU of *Pinus cembroides*. There were 35 trees like class I, 17 trees like class II and 62 trees like class III using the new methodology. A high tree density was found in the seed stand of *Pinus cembroides*. A high number of trees had the high quality to constitute the FGPU.

**Keywords:** germoplasm, *Pinus cembroides*, select trees, density, Carbonero Jacales.

## **DEDICATORIA**

***A Dios sobre todas las cosas.***

***A mis padres, Aurelio Lagos Jardinez y Merced Santos Ríos, por darme la vida., los amo. Donde estés te amo papá.***

***A mi familia., por ser el motor de vida.***

***A mis hermanos y familiares.***

***¡A todos Ustedes, con mucho afecto!***

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Comisión Nacional Forestal por la oportunidad brindada para seguir actualizando conocimientos a través de sus programas que opera.

Al Colegio de Postgraduados, por brindarme la oportunidad de continuar con mis estudios.

Al Dr. Carlos Ramírez Herrera., por su amistad y apoyo sincero en todo el proceso de titulación.

Al Dr. Alejandro Velázquez Martínez, por la confianza brindada además de sus acertadas observaciones y comentarios para que este proyecto culminara de la mejor manera.

Al Dr. Valentín José Reyes Hernández por la confianza en que este proyecto podría llevarse a cabo y sus acertadas opiniones para el desarrollo de este proceso.

A cada uno de los profesores del programa de Maestría que hicieron posible la culminación de mis estudios en esta etapa.

A cada uno de mis compañeros por su valiosa amistad.

A mi familia, amigos y todas y cada una de las personas que aportaron para la realización de mis estudios y la presentación de este trabajo.

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	iii
ABSTRACT.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 Germoplasma forestal .....	4
2.2 Unidades productoras de germoplasma forestal .....	6
2.3 Rodal semillero (CONAFOR, 2016) .....	7
2.4 Especies prioritarias .....	9
III. OBJETIVOS .....	9
3.1 Objetivo general .....	9
3.2 Objetivos específicos .....	10
3.2.1 Estimar la densidad y estructura de árboles adultos en un rodal natural de <i>Pinus cembroides</i> . .....	10
3.2.2 Seleccionar árboles fenotípicamente superiores de <i>Pinus cembroides</i> en un rodal natural para establecer una unidad de producción de germoplasma. ....	10
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
4.1 Descripción general del área de estudio.....	10
4.2 Densidad y estructura del rodal de <i>Pinus cembroides</i> .....	12
4.3 Selección de árboles de <i>Pinus cembroides</i> .....	12
4.4 Análisis de la información .....	13
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	14
5.1 Densidad de árboles dominantes y codominantes .....	15
5.2 Unidad Productora de Germoplasma Forestal (UPGF).....	15
5.3 Propuesta de reclasificación de las categorías.....	19
VI. CONCLUSIONES .....	22
VII. LITERATURA CITADA .....	23

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la UPGF de Pinus cembroides en el Ejido Carbonero Jacales, Huayacocotla, Veracruz. ....	11
Figura 2 Número total de árboles de Pinus cembroides por categoría en altura (A) en la UPGF ejido Carbonero Jacales .....	16
Figura 3 Número total de árboles de Pinus cembroides por categorías diamétricas (D) en la UPGF en el ejido Carbonero Jacales.....	17
Figura 4 Número de árboles de Pinus cembroides por categorías de edad en la UPGF en el ejido Carbonero Jacales .....	18
Figura 5. Número de árboles de Pinus cembroides por clase en la UPGF en el ejido Carbonero Jacales .....	19
Figura 6 Reclasificación con base en edad de los árboles de Pinus cembroides en la UPGF en el ejido Carbonero Jacales. ....	21



## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Inventario Forestal Nacional 2000-2001, 32.75 % del territorio mexicano está cubierto por “bosques y selvas”, que corresponden a 63.6 millones de hectáreas (Bray, 2207). De todos los bosques y selvas de México, el 30% corresponde a bosques y selvas llamados “secundarios”; es decir, que se considera que han perdido de manera significativa su estructura y/o composición “originales”. El resto de bosques y selvas, son considerados en su mayoría integrantes de biomas antropogénicos (Ellis *et al*, 2010).

A pesar de que México cubre sólo el 1 % de la superficie terrestre, contiene cerca de un décimo de todos los vertebrados terrestres y de las plantas conocidas (Bray *et al.*, 2007). El encuentro de las regiones bióticas neártica y neotropical, la abundancia de islas con variedad topográfica y la amplia variación climática a lo largo de su territorio, son factores significativos para la biodiversidad de este país (Castilleja, 1996).

Los bosques de piñón son muy extensos en ambas cadenas montañosas de la parte norte del país (CONABIO, 2009). Conforman una vegetación de transición entre las formaciones xerofíticas de la altiplanicie mexicana y las vertientes internas de las Sierras Madres Oriental y Occidental (CONABIO, 2009). La semilla (o piñón) es usada para consumo humano a escala comercial, siendo unos de los pinos de mayor distribución en México (19 estados) (CONABIO, 2009). Forma masas puras en la Sierra Madre Oriental al norte del Trópico de Cáncer. Las poblaciones más extensas están en Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo, y Zacatecas., a intervalo de altitud de 1.350 a 2.800 m., aunque su área de distribución abarca los estados de Aguascalientes, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, y Zacatecas (CONABIO, 2009).

El ejido Carbonero Jacales, en el afán de mantener sus bosques en buenas condiciones, se ha visto en la necesidad de llevar a cabo manejo forestal en sus

rodales de pino piñonero, en los cuales una estrategia es el establecimiento de una unidad semillera (o unidad productora de germoplasma forestal) con el objetivo de recolectar semilla de calidad para la renovación de sus bosques y los de la región (Lagos, 2019). Las UPGF son áreas establecidas en rodales naturales, plantaciones o viveros, con individuos pertenecientes a una especie forestal y seleccionados por su genotipo y/o fenotipo que posee bien identificada su procedencia, usada para la producción de frutos, semillas o material vegetativo (CONAFOR, 2016).

También, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), de acuerdo con el artículo 128 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, promueve el desarrollo de un Sistema Nacional de Mejoramiento Genético Forestal que incluye la evaluación y registro de progenitores (CONAFOR 2020). A su vez, el Programa Estratégico Forestal para México 2025 reconoce la necesidad de crear y fortalecer este sistema para conservar y utilizar los recursos genéticos forestales existentes en el país con énfasis en las especies de mayor importancia para los programas de plantaciones forestales y restauración ecológica, además de especies forestales que tengan alguna adaptación a los efectos del cambio climático en diferentes regiones del país, a través de estrategias para la formulación de planes de corto, mediano y largo plazo (SEMARNAT, 2001).

Por lo anterior, la CONAFOR tiene el compromiso de preservar, promover y mejorar la calidad genética de las especies forestales del país (CONAFOR, 2020). Se contempla la selección, establecimiento y mantenimiento de Unidades Productoras de Germoplasma Forestal-Rodal Semillero (UPGF-RS) bajo ciertos esquemas de apoyo técnico y financiamiento, cuyo fin es la producción de semilla de alta calidad para garantizar la producción, disponibilidad, suministro y adaptabilidad climática de planta para los diversos programas de plantaciones forestales y restauración ecológica (CONAFOR, 2015).

La especie propuesta para el establecimiento de la Unidad Productora de Germoplasma Forestal en este caso es *Pinus cembroides*, especie que prolifera en las partes áridas y semiáridas del ejido carbonero Jacales, donde prácticamente conforma un rodal puro de *Pino*, siendo la especie de mayor dominancia (Lagos,

2016). Además, esta especie es nativa de la región, por lo que es considerada como de un gran valor para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales para la producción de semilla o piñón (CONAFOR, 2016).

Con el presente proyecto se retoma la importancia del piñón en la región, para así poder incentivar a algunos otros ejidos a su aprovechamiento y conservación (García *et al.*, 2001).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

Por otro lado, la reforestación rural, se establece en superficies forestales o potencialmente forestales donde originalmente existían bosques, selvas o vegetación semiárida, y se clasifican como: de conservación, de protección y restauración, agroforestal y productiva (CONAFOR, 2010). Desafortunadamente, en la práctica de las actividades mencionadas, solo una pequeña parte de la diversidad total de árboles y arbustos nativos mexicanos se reprodujo en viveros mexicanos (Niembro, 2001). Por otro lado, también es importante considerar la utilidad de las especies para la población local, ya que esto conducirá a una mejor protección del área de restauración (Vázquez *et al.*, 1999). México ha desarrollado diversas herramientas que le han permitido regular y ejecutar de manera pertinente y adecuada sus proyectos de reforestación, y durante los últimos 30 años se han impulsado varios programas para revertir los daños causados por la pérdida de bosques y selvas (González, 2012). Sin embargo, los beneficios que proveen los árboles son innumerables. De hecho, nuestra civilización no podría existir tal cual la conocemos sin ellos (Ruiz, 2002).

## **2.1 Germoplasma forestal**

Para una reforestación exitosa, uno de los parámetros que se debe considerar es el uso de germoplasma forestal de alta calidad y fuentes conocidas (CONAFOR, 2010). Es necesario comprender la distribución de la especie prioritaria a reforestar en la zona o región de interés, con el fin de ubicar en ella los predios forestales que cuenten con poblaciones con características adecuadas para realizar la colecta de su germoplasma, y proporcionarlo a los viveros que se ubican también dentro de la zona o región a reforestar (CONAFOR, 2010). Todos estos objetivos son evitar al máximo el movimiento indiscriminado del germoplasma y garantizar la adaptabilidad de las plantas producidas en la tierra a reforestar (CONAFOR, 2010). A su vez, es importante confirmar que los terrenos a reforestar se ubiquen de preferencia dentro de un área prioritaria para la reforestación, delimitada de acuerdo con los criterios técnicos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2010). Para seleccionar las fuentes de semilla, es necesario buscar los bosques, selvas y zonas semiáridas mejor conservados o las plantaciones de las cuales se conozca la procedencia de

su germoplasma, que cuenten con ejemplares de la especie de interés fenotípicamente superiores al promedio de la zona ecológica a reforestar, en los que se pueda realizar una caracterización cualitativa y cuantitativa de acuerdo al objetivo de la reforestación (CONAFOR, 2010). Una vez que se determina la Unidad Productora de Germoplasma Forestal (UPGF), y si ésta cumple con los criterios técnicos para ser convertida en una fuente semillera superior, se puede proceder a realizar un manejo silvícola que favorezca la producción de germoplasma e incluso se puede hacer una selección de los mejores individuos para iniciar un proceso de mejoramiento genético que aumente la productividad de la especie en la zona (CONAFOR, 2010).

La capacidad de heredar las características del árbol a su progenie está íntimamente ligada a la variabilidad que en conjunto presenten las poblaciones de especies (Alba *et al*, 2008). Esta variabilidad constituye el patrimonio básico que dirige el manejo del recurso genético contenido en las especies y sus poblaciones, la cual será reconocida y evaluada en función de objetivos específicos (Alba *et al*, 2008). Por otro lado, se pueden proteger especies y poblaciones buscando la heterogeneización en poblaciones naturales o inducidas donde contengan variabilidad y que mantenga una variación que induzca diversidad para garantizar descendencias que se aseguren esquemas nuevos de adaptación y fuerza evolutiva natural (Alba *et al*, 2008).

La conservación de un recurso son las acciones y políticas que aseguren su existencia y disponibilidad continua (Alba *et al*, 2008). Primeramente, con la ubicación de rodales semilleros de la especie elegida con las características deseadas para los fines establecidos, así se logra obtener la semilla requerida; a partir de estos rodales es posible establecer áreas semilleras (Alba *et al*, 2008). Estos se distinguen del rodal por la intensidad de selección a la que es sometida y su manejo para la producción de semilla con mayores ganancias genéticas (Barrett, 1980).

Los inventarios en rodales son importantes por diversas razones (SERFORH, 2017); pues permiten comparar diferentes rodales para poder seleccionar el rodal que

cuenta con las características necesarias para el desarrollo del proyecto, además de proporcionar datos que permitan evaluar la calidad fenotípica del arbolado (Hughes y Robbins 1982).

## **2.2 Unidades productoras de germoplasma forestal**

Las Unidades Productoras de Germoplasma Forestal (UPGF), son áreas establecidas en rodales naturales, plantaciones o viveros, con individuos pertenecientes a una especie forestal y seleccionados por su genotipo y/o fenotipo que posee bien identificada su procedencia, usada para la producción de frutos, semillas o material vegetativo (CONAFOR, 2016).

Para poder identificar y establecer una Unidad Productora de germoplasma Forestal es necesario (CONAFOR, 2016).

- “Definir con el dueño del paraje a evaluar, el o los motivos por los cuales se eligió la especie. Se deberá tener muy claro que el objetivo primordial de la elección de la especie para la CONAFOR es la conservación y restauración de dichas especies en sus ecosistemas, y en caso de existir otros beneficios, económicos, o culturales, se tendrán por añadidura”.
- “Realizar un recorrido por el paraje propuesto, para ver si cumple con las características idóneas para ser una UPGF”.
- “El estado sanitario del paraje seleccionado es excluyente, esto significa que en caso de detectarse la presencia de plagas y/o enfermedades, no debe considerarse ese paraje para establecer una UPGF, lo que procede es que se reporte al área de sanidad respectiva que el paraje requiere un diagnóstico sanitario, y si lo amerita su manejo integrado de plagas”.
- “Elegir parajes que tengan a la mayoría de su población en inicio o en plena edad reproductiva, este factor también es excluyente, dado que el objetivo de la UPGF es la obtención de Germoplasma Forestal por lo que de no estar en producción no se cumple con el objetivo”.
- “No ubicar los parajes que estén a la orilla de la carretera de mucho flujo vehicular como las carreteras federales, ya que son susceptibles a la contaminación de polen de otras poblaciones de la misma especie o a plagas

y enfermedades, así como a disturbios en general, como son los saqueos de los individuos seleccionados, y que al menos se considere una distancia de amortiguamiento de 100 m entre el predio y la carretera”.

- “No considerar los parajes que tengan problemas sociales como son: la posesión de tierras, susceptibles a cambio de uso de suelo o con problemas de seguridad”.

### **2.3 Rodal semillero (CONAFOR, 2016)**

El rodal semillero representa una medida interina para producir semilla de mejor calidad genética a corto plazo, y también se han desarrollado otras formas más avanzadas de producción (Mesén, 1995). Un rodal semillero se define como un grupo de árboles de la misma especie, que es mejorado mediante la remoción de individuos indeseables y tratando de estimular la rápida proliferación de semillas (Barner, 1973).

Sus especificaciones técnicas son las siguientes (CONAFOR, 2016).

- a) Las UPGF-RS deben tener al menos 50 individuos de la misma especie, con una distancia de al menos 20 m entre sí y consistir en áreas compactas o franjas continuas; para especies en categoría de riesgo, las unidades deben tener al menos 20 individuos y mantener una separación mínima de 10 m entre sí (SECRETARIA DE ECONOMIA, 2016).
- b) Los individuos seleccionados para utilizar germoplasma forestal, deben ser sanos, vigorosos, libres de plagas y enfermedades, estar en edad reproductiva y ser los más destacados del rodal conforme al objetivo de su uso; deben estar señalizados de manera genérica (marcas, símbolos, etiquetas) para su identificación visual en el rodal, y de manera específica con la numeración correspondiente para cada individuo (SECRETARIA DE ECONOMIA, 2016).

Un rodal de interés para una especie industrial típica es aquel que presenta un alto porcentaje de árboles sanos y vigorosos, rectos, sin bifurcaciones y con ramas

delgadas y acomodadas de manera horizontal (Mesén, 1994). Estos estándares son generales; sin embargo, su importancia relativa puede variar dependiendo de la especie y de los productos finales esperados (Palmberg, 1980).

La protección del rodal involucra una serie de medidas para evitar daños a los árboles o a la semilla (SERFORH, 2017). Si es necesario, se debe cercar el área para evitar el acceso de ganado (SERFORH, 2017). Si existe peligro de incendios, se debe mantener una barrera cortafuego en la época seca de por lo menos 10 metros de ancho alrededor del rodal (SERFORH, 2017). asimismo, se debe mantener el rodal libre de malezas y residuos para evitar la propagación del fuego (SERFORH, 2017). La limpieza permanente del rodal también facilita las labores dentro del rodal y la cosecha de semillas (SERFORH, 2017). En algunas especies (e.g. *Gmelína arborea*) será necesario realizar la eliminación periódica de rebrotes o tratar los tocones con algún herbicida sistémico (Mesén, 1994). Finalmente, es importante la colocación de rótulos con ciertos datos relevantes, tales como especie y procedencia, fecha de establecimiento, área del rodal, institución responsable y propietario del rodal (Mesén, F. 2010).

Aunque se puede lograr una baja intensidad de selección en rodales semilleros, un rodal técnicamente manejado puede producir ganancias genéticas importantes en características de alta heredabilidad (Shelbourne, 1969), con los consecuentes beneficios para programas de reforestación. Además, los rodales semilleros tienen ciertos atributos que los hacen muy importantes, especialmente (Mesén *et al*, 1195).

- i) Incorporan una alternativa simple, económica y a muy corto plazo para la producción de semilla de mejor calidad (Mesén, 1995).
- ii) La semilla colectada es de mejor calidad genética que la semilla de rodales no manejados, en cuanto a adaptabilidad y características del fuste y de la copa y (Mesén, 1995)
- iii) S reducen costos y facilitan las recolecciones de semilla, al concentrar las operaciones en una sola área (Zobel y Talbert 1984). Un beneficio adicional de los rodales semilleros es la conservación de los recursos genéticos (Hughes y Robbins, 1982).



## **2.4 Especies prioritarias**

La definición de las especies forestales prioritarias, se realiza con la participación de diferentes actores del sector forestal, como son: instituciones de investigación y enseñanza, asociación de silvicultores, prestadores de servicios técnicos, dueños de los recursos genéticos forestales, entre otros, quienes a través de reuniones de trabajo, foros o encuestas, pueden proponer un catálogo de especies por cada entidad federativa, de acuerdo a la importancia (uso) de la especie (maderable y no maderable) en cada lugar, de este catálogo se definen las cinco especies que tienen mayor prioridad (CONAFOR, 2016).

Dicho catalogo deberá contener los principales tipos de ecosistema de cada entidad federativa y se le otorgará una puntuación a cada especie, con base en los criterios considerados por la CONAFOR, los cuales son: económicos, ecológico, cultural, social y que se ubique dentro de un área elegible para la restauración forestal (COANFOR, 2016).

La puntuación que se le otorga a cada criterio puede variar y está en función de la importancia ecológica, económica, social y/o cultural del lugar o región (CONAFOR, 2016). El valor más bajo es de 1 mientras que el mayor es de 5; para calificar a las especies se forma un equipo multidisciplinario, dentro del cual se incluye al personal de Germoplasma forestal, personal de otros programas como de Producción de planta, Reforestación, Plantaciones Forestales Comerciales, a técnicos prestadores de servicios a beneficiarios del PRONAFOR, así como a los mismos beneficiarios y usuarios de los recursos forestales (CONAFOR, 2016).

## **III. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la densidad y selección de árboles para establecer una unidad productora de germoplasma forestal de *Pinus cembroides*.

### **3.2 Objetivos específicos**

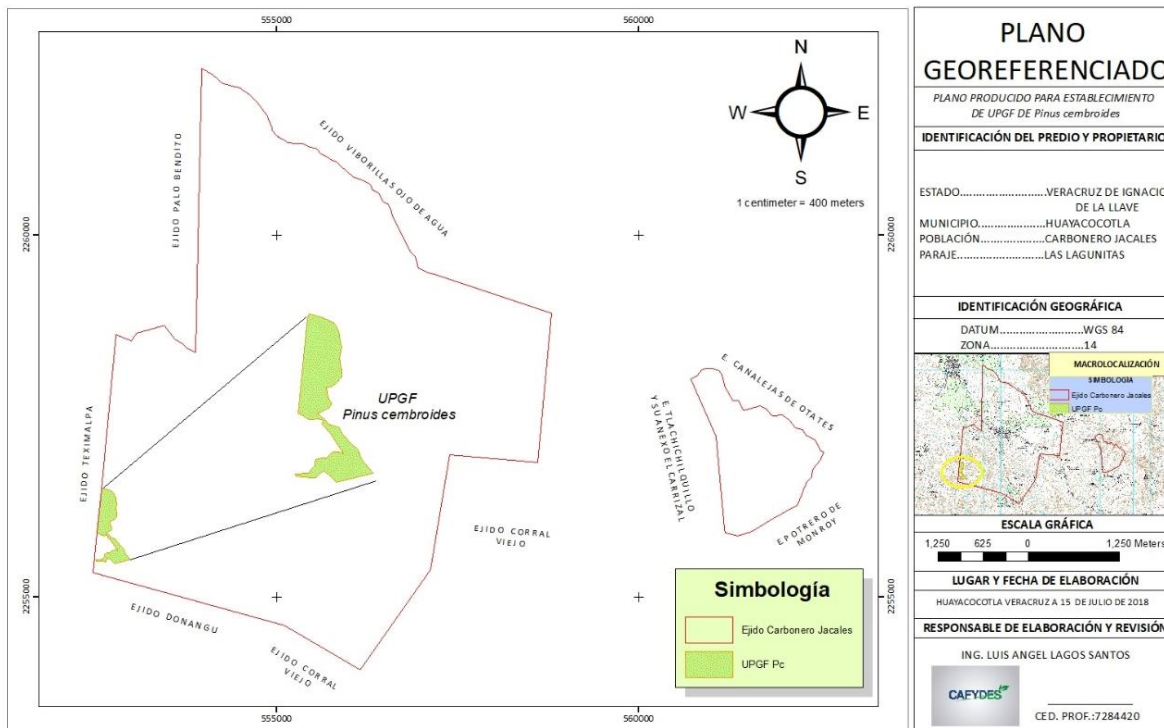
3.2.1 Estimar la densidad y estructura de árboles adultos en un rodal natural de *Pinus cembroides*.

3.2.2 Seleccionar árboles fenotípicamente superiores de *Pinus cembroides* en un rodal natural para establecer una unidad de producción de germoplasma.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Descripción general del área de estudio**

El ejido Carbonero Jacales se localiza en el municipio de Huayacocotla, Veracruz, en la provincia fisiográfica “V Sierra Madre Oriental” (INEGI, 2010). La unidad productora de germoplasma de *Pinus cembroides* se ubica en el suroeste del ejido, en la parte semiárida. El polígono de la UPGF se localiza en el paraje “El Piñonal” en las zonas limítrofes del ejido Carbonero Jacales con el ejido Donangú (Figura 1), y cubre una superficie de 15 ha.



**Figura 1** Ubicación de la UPGF de *Pinus cembroides* en el Ejido Carbonero Jacales, Huayacocotla, Veracruz.

El clima es templado subhúmedo con precipitaciones desde los 365 a los 450 mm anuales y con la presencia de 7 u 8 meses secos (INEGI, 2016). El suelo es regosol con baja concentración de sales, baja capacidad de intercambio catiónico (INEGI, 2016), y deficiente en nitrógeno con baja concentración de materia orgánica (INEGI, 2020), lo que limita el crecimiento vegetal. La topografía se caracteriza por lomeríos que varían de ondulados a accidentados. El sistema montañoso es de origen volcánico y se le conoce como Sierra de Huayacocotla, contando con una altitud

promedio de 2100 m (INEGI, 2016). La vegetación está constituida por pino piñonero, sotoles, encinos, pastos, agaves, nopales y *Pinus pseudostrobus*.

#### **4.2 Densidad y estructura del rodal de *Pinus cembroides*.**

Se establecieron 15 sitios de muestreo a lo largo de las 15 ha que cubre la UPGF. Cada sitio de muestreo fue rectangular con 20 m de ancho por 50 m de largo con una superficie de 1000 m<sup>2</sup>. En cada sitio, se midieron la altura total, altura del fuste limpio, diámetro a 1.30, cobertura de copa, rectitud del fuste y estructura de las ramas de cada árbol. La rectitud del fuste se evaluó con una escala de 1 a 5. Cuando el fuste del árbol fue completamente recto se asignó 5, mientras que cuando el árbol presentó una serie de curvaturas se asignó un 1. Valores entre estos rangos se asignó a los árboles con fenotipos intermedios dependiendo de las curvaturas y nudo que estos presentaron. También, para evaluar la estructura de las ramas se usó una escala entre 1 y 5. Cuando los árboles presentaron ramas con un ángulo al menos 90° con respecto al troco se le asignó un 5, mientras que cuando el ángulo de las ramas fue casi paralelo al tronco se asignó un 1. Valores intermedios se asignaron con base en el ángulo de la rama y el tronco del árbol. También, se registró el estado de salud del arbolado y presencia de estructuras reproductivas.

#### **4.3 Selección de árboles de *Pinus cembroides***

La selección de los árboles que conformarán la UPGF se hizo de acuerdo con los lineamientos establecidos por la CONAFOR (CONAFOR, 2016). Se realizó una selección visual de los árboles dominantes y codominantes, buscando que se tratara de individuos con fustes rectos, sanos, vigorosos y con presencia de frutos. Posteriormente, a estos árboles se les midió la altura, diámetro normal, cobertura de copa y edad la cual se determinó en una viruta que se extrajo del tronco en forma perpendicular a una altura de 1.3 m utilizando un taladro de Pressler (Marca: Haglöf). Las características de cada árbol sobresaliente, al cual se le denominó candidato, se compararon con las características de cinco árboles testigo los cuales podrían estar hasta máximo 50 m de distancia del árbol candidato. La distancia mínima entre árboles candidatos fue de 20 m.

Los árboles testigo deben tener una edad similar a los árboles candidato con una diferencia que no sea mayor de 10 años. Las características que se midieron tanto a los árboles candidato como a los árboles testigo fueron altura total (m), edad, rectitud, conformación de la copa y poda natural. La rectitud se registró como una característica cualitativa con valores que variaron de cero a cinco, asignando un cinco a aquellos árboles que tuvieron un fuste completamente recto, mientras que a los árboles con fustes muy torcidos se les asignó un cero. Un procedimiento similar se realizó para calificar la conformación de la copa y estructura de las ramas, con valores que variaron entre cero a cinco, otorgando valores de cero a los individuos con pocas ramas y de cinco a aquellos con presencia de ramas y que éstas estuvieran acomodadas de manera proporcional en la copa.

#### **4.4 Análisis de la información**

Con los valores de densidad de cada unidad de muestreo, se calculó el valor correspondiente de individuos por hectárea, para cada una de las categorías en las que se clasificó a los árboles. Los árboles se clasificaron como clase I, II y III con base en la superioridad de las características que se midieron y que sirvieron para compararlos con el promedio de los cinco árboles testigos.

La calificación de cada árbol candidato se determinó como se explica a continuación (CONAFOR, 2016).

1. Se obtuvo el promedio de altura de los cinco árboles testigos. Cuando la altura del árbol candidato tuvo un porcentaje menor al 5 % que el promedio de las alturas de los árboles testigos se asignó cero puntos al árbol candidato. Si la altura del árbol candidato fue entre 6 y 8 % mayor que la altura promedio de los testigos se asignaron 3 puntos a todos los árboles con una edad superior a los 51 años. Diez puntos fue el máximo puntos que se asignó a un candidato en caso que la altura de este fuera 26 % superior a la altura promedio de los árboles testigos.
2. Para conocer la superioridad del candidato con respecto a los testigos con base en el volumen se procedió como se describe: se dividió el volumen del

candidato por el volumen promedio de los testigos y el resultado fue el puntaje que correspondió al candidato.

3. El mismo procedimiento que se utilizó para volumen se siguió con el diámetro para asignar puntaje al candidato con respecto a los testigos.
4. El promedio de la suma de los puntajes de características cualitativas (rectitud del fuste, estructura de la copa, conformidad de las ramas y ajuste por edad) de los árboles testigo se calculó para hacer la comparación con los árboles candidatos. La superioridad se determinó dividiendo el puntaje del árbol candidato por el puntaje promedio de los árboles testigos.

Los puntos de altura, volumen, diámetro y características cualitativas se sumaron, y los árboles candidatos con cinco puntos sobre los árboles testigos se ubicaron como clase III; arboles candidatos que tuvieron un puntaje entre 25 a 32 se clasificaron como clase II; y árboles candidatos que alcanzaron entre 33 a 49 puntos se clasificaron como clase I.

Sin embargo, en el presente estudio se propone una reclasificación de los árboles en la UPGF de *Pinus cembroides*, la cual se fundamenta en que el criterio de clasificación que la CONAFOR propone se basa en una clasificación para selección de árboles en rodales naturales coetáneos (Zobel y Talbert, 1984); el rodal de *Pinus cembroides* analizado en este trabajo es incoetáneo, por lo que se propone que después de seleccionar los árboles sobresalientes en la UPGF por el método propuesto (CONAFOR, 2016), se realice una segunda comparación de los árboles considerando la categoría de edad de los árboles sobresalientes con los mismos criterios que utilizaron en la primer selección. Es decir, solo se compararán los árboles que estén en la misma categoría de edad. Los árboles sobresalientes que estén sobre 30 puntos sobre la media de la comparación de los árboles sobresalientes se considerarán clase I mientras que los individuos con un puntaje de entre 1 y 30 puntos se clasificarán como clase II. Todos los árboles con puntaje negativo se considerarán como clase III.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **5.1 Densidad de árboles dominantes y codominantes**

Se encontró una densidad total promedio de 20 árboles dominantes y 46 codominantes por ha, es decir, en total, se estimaron 66 árboles dominantes y codominantes por ha; con base en lo anterior, se estimó un total de 990 árboles dominantes y codominantes que potencialmente pudieran ser seleccionados en las 15 ha en el rodal de *P. cembroides* donde se ubica la UPGF de esta especie en el ejido Carbonero Jacales. Se estimó una densidad de 990 árboles dominantes y codominantes ha<sup>-1</sup> en el rodal de *P. cembroides*.

Otros trabajos han reportado valores muy variables en densidades de rodales de pino piñonero; por ejemplo, Cuevas (2018) reportó para una unidad de germoplasma de *Pinus cembroides* en los bienes comunales de Sombrerete, Cadereyta, Querétaro, densidades de arbolado de 360 individuos ha<sup>-1</sup>; Fuentes (1992) reporta en bosques de esta especie de Guadalupe Victoria, Puebla una densidad de 496 árboles ha<sup>-1</sup>. Silva (1994) reportó 779 árboles ha<sup>-1</sup> de *Pinus cembroides*. Hernández (1985) en el altiplano potosino-zacatecano, reportó valores de 186 a 373 árboles ha<sup>-1</sup> de esta especie. Segura y Snook (1992) en Veracruz reportó densidades de 818 árboles ha<sup>-1</sup> de *Pinus cembroides* en algunos valles y 334 árboles ha<sup>-1</sup> en partes altas. Carrillo (2009) en Tlaxcala, reportó densidades de 964 individuos ha<sup>-1</sup> de esta especie. Flores (2016), en bosque de Coahuila reporta densidades de 848 árboles ha<sup>-1</sup> de *Pinus cembroides*. Meza (2006) para bosques de Santiago de Anaya, Hidalgo., reporta una densidad promedio en exposición norte y sur de 543 individuos por ha de *Pinos cembroides*. Por lo anterior puede concluirse que la densidad de árboles en el bosque de pino piñonero en este trabajo es alta. Además, en el presente trabajo solo se incluyeron árboles dominantes y codominantes de *Pinus cembroides*.

### **5.2 Unidad Productora de Germoplasma Forestal (UPGF)**

Se seleccionaron 115 árboles para formar la UPGF (Figura 2). La altura de los árboles seleccionados varió entre 2.3 y 12.1 m, si bien las alturas mostraron una distribución binomial. La mayoría de los árboles (65 %) tuvo una altura superior a 6 m. La categoría de altura con mayor frecuencia es de 6.1 a 7 m.

Flores (2016) reportó en bosques de Coahuila alturas de *P. cembroides* que varían entre 3.3 m y 4.1 m, con un promedio de 3.82 m. Díaz (2016) encontró una altura promedio de 5.89 m en bosques de *P. cembroides* en Aramberri, Nuevo León. Por su parte, Meza (2006) encontró árboles de esta especie con alturas promedios de 5.73 m *Pinus cembroides* en bosques de Santiago de Anaya. Con base en las alturas en los trabajos que se mencionaron líneas atrás, la altura promedio de los árboles *Pinus cembroides* fue alto en la UPGF en Carbonero Jacales. Esto se explica debido a que solo se reportó la altura de los árboles dominantes y codominantes en el rodal de esta UPGF.

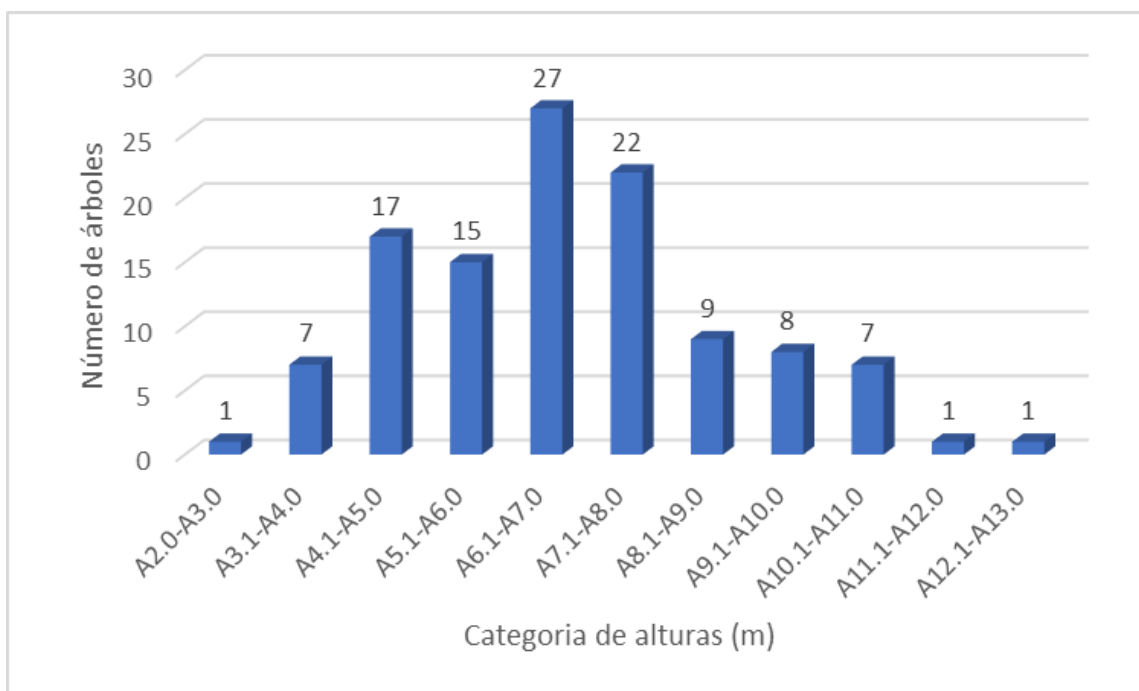


Figura 2 Número total de árboles de *Pinus cembroides* por categoría en altura (A) en la UPGF ejido Carbonero Jacales

El diámetro de los árboles seleccionados varió entre 6 y 61 cm, con un promedio de 27 cm (Figura 3). El mayor número de individuos se encuentra en la categoría de diámetro de 21 a 30 centímetros. Díaz (2016) reportó un diámetro promedio de 8.41 cm para árboles de *Pinus cembroides* en bosques de Aramberri, Nuevo León, mientras que, Flores (2016) reportó un diámetro promedio de 12.88 cm en árboles de esta especie en bosques de Zapalinamé, Coahuila. Con las referencias



mencionadas anteriormente tenemos que el diámetro de la UPGF de Carbonero Jacales, muestra diámetros superiores en comparación con estos bosques. Esto se debe a que solo se midió el diámetro a los árboles dominantes y codominantes en la UPGF.

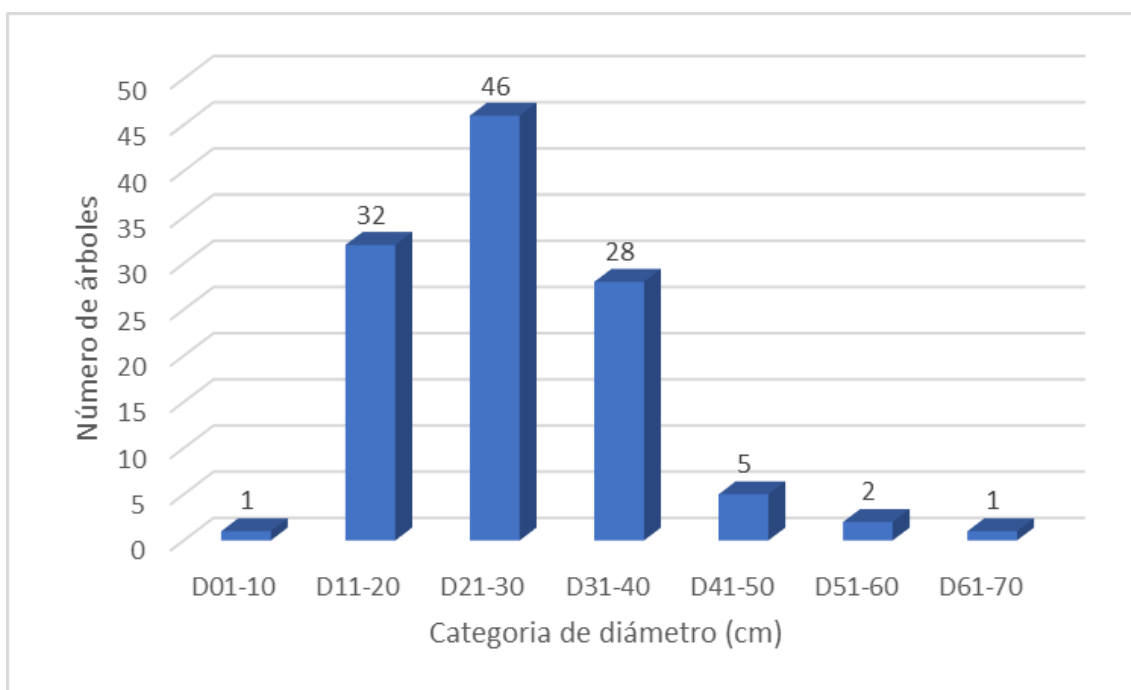
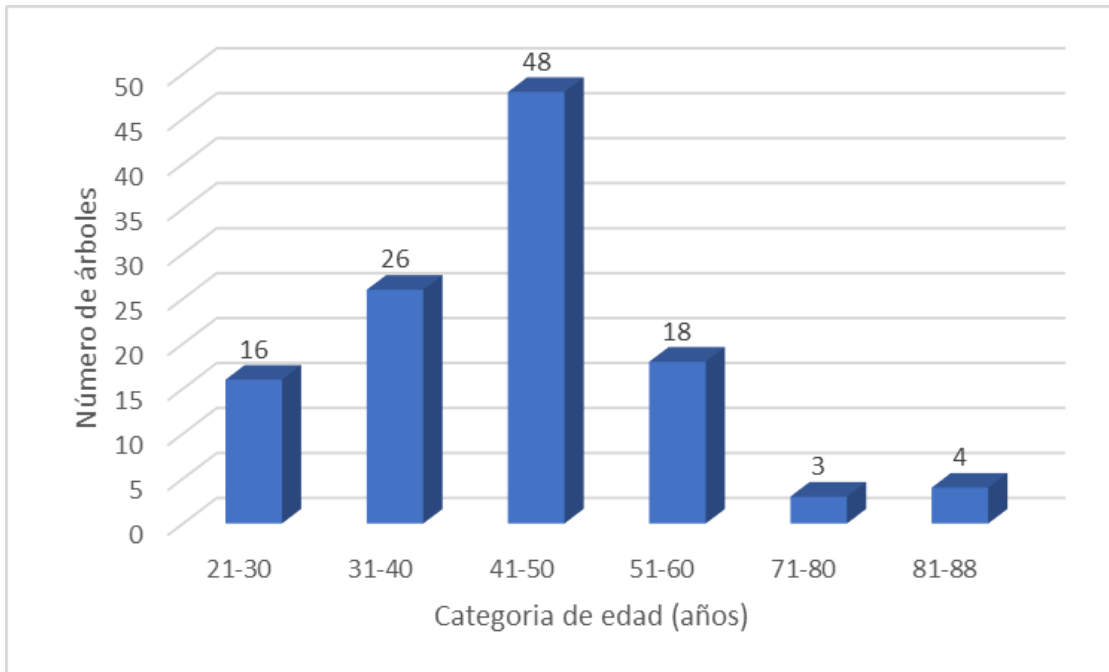


Figura 3 Número total de árboles de *Pinus cembroides* por categorías diamétricas (D) en la UPGF en el ejido Carbonero Jacales

La edad de los árboles seleccionados en la UPGF de Carbonero Jacales, vario entre 21 y 88 años con un promedio de 46 años. El mayor número de individuos se encontró en el intervalo entre 41 y 50 años (Figura 4). Esto significa que la UPGF está constituida por árboles jóvenes por lo que los árboles tienen potencial para producir semillas en el largo plazo. También, los árboles jóvenes pueden ser menos susceptibles al estrés que puede ser consecuencia de cantidades limitantes de humedad y ataques de plagas y enfermedades.



*Figura 4* Número de árboles de *Pinus cembroides* por categorías de edad en la UPGF en el ejido Carbonero Jacales

De acuerdo con el manual para el establecimiento de UPGF de CONAFOR (2016), en donde se consideró la metodología descrita para la identificación de árboles por clase, se usó el cuadro de valoración adaptado (Torres, 2011), donde al llevar a cabo la suma de puntos se clasifican como clase I los árboles con 33 a 49 unidades, clase II con 5 a 32 unidades y clase III con menos de 5 puntos obtenidos (Figura 5).

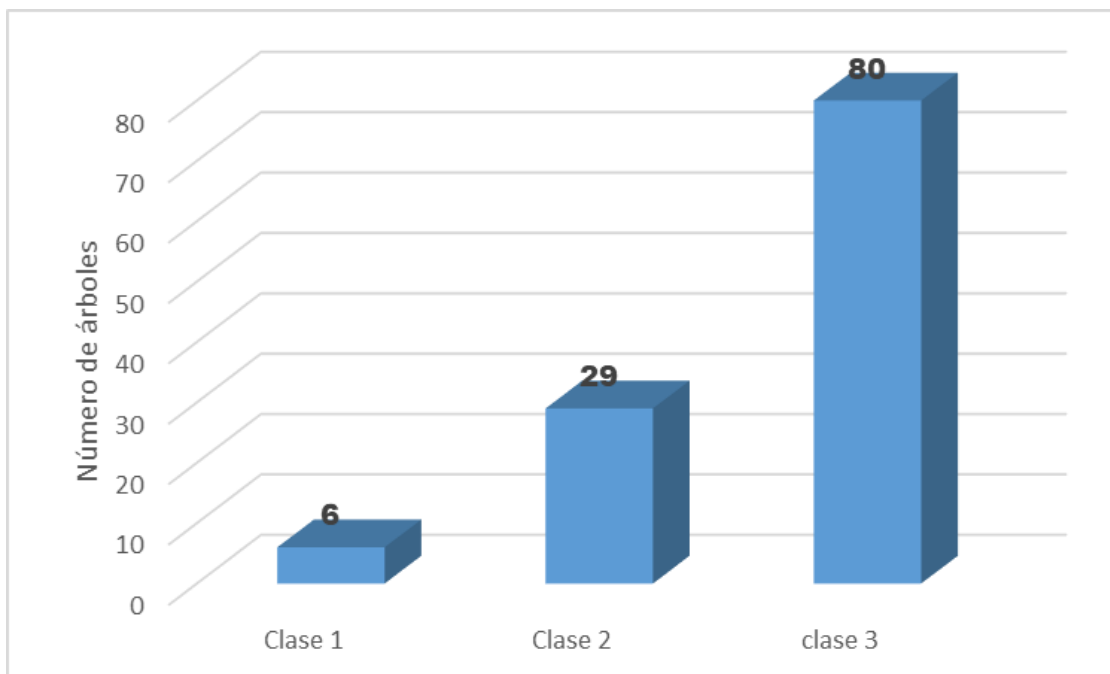


Figura 5. Número de árboles de *Pinus cembroides* por clase en la UPGF en el ejido Carbonero Jacales

### 5.3 Propuesta de reclasificación de las categorías

A través de la clasificación propuesta se tendrían 35 árboles de *P. cembroides* en la clase I, 17 árboles en la clase II y 62 en la clase III (Figura 6). En la clasificación original solo se ubicaron 6 árboles en la clase I. Los árboles 12 (30 años), 77 (50 años), 91 (años), 89 (años), y 80 (40 años) obtuvieron mejores calificaciones como árboles sobresalientes en la clase I en la UPGF en el ejido Carbonero Jacales con método propuesto en el presente estudio. Con base en la clasificación propuesta el árbol 12 alcanzó el mayor número de puntos al comparar este con sólo árboles en la categoría de edad 21 y 30 años. El árbol 10 fue el árbol mejor clasificado dentro de la clase I con el método propuesto por la CONAFOR (2016), sin embargo, este ocupó el lugar 6 en la clasificación propuesta en el presente estudio. El árbol 19 fue el segundo mejor clasificado con la metodología propuesta por la CONAFOR (2016), en contraste, cuando se comparó con árboles de la misma categoría de edad (31-40 años de edad) hubo ocho árboles mejores que este árbol. Los árboles 28 y 711 fueron clasificados como el tercer y sexto mejores árboles en la clase I con base en el puntaje que alcanzó con la clasificación de la CONAFOR (2016), sin embargo,

estos árboles fueron los peores árboles cuando se comparó su puntaje con el puntaje promedio de los árboles de sus respectivas categoría de edad (> 71 años y 51 y 60 años) en la que se ubicó este utilizando el método propuesto. Estas diferencias en la clasificación de los árboles se pueden deber a que la metodología que la CONAFOR (2016) impone para la selección de árboles en las UPGF se diseñó para la selección en rodales coetáneos (Zobel y Talbert, 1984), mientras que la selección esta se aplica en rodales incoetáneos con la presencia de árboles con diferentes edades. También, el compara los árboles candidatos con cinco árboles testigos como se recomienda por la CONAFOR (2016) puede conducir a una subestimación del puntaje del árbol candidato y con esto de su calidad fenotípica debido a que los testigos pueden tener una calidad tan cercana a la del árbol candidato y esto hace que el candidato tengo un puntaje reducido en comparación con otro árbol candidato en los que sus testigos fueron muy diferentes y el promedio de las características que se usan para las selección de árbol es mucho menor que las características del candidato. Esto puede sobre estimar la calidad fenotípica del candidato al ser comparado con testigos de muy baja calidad. Las características de los árboles considerados en la clase I, describen de mejor manera al bosque de piñón del ejido Carbonero Jacales, debido a que éste presenta buenas alturas, diámetros y densidades.

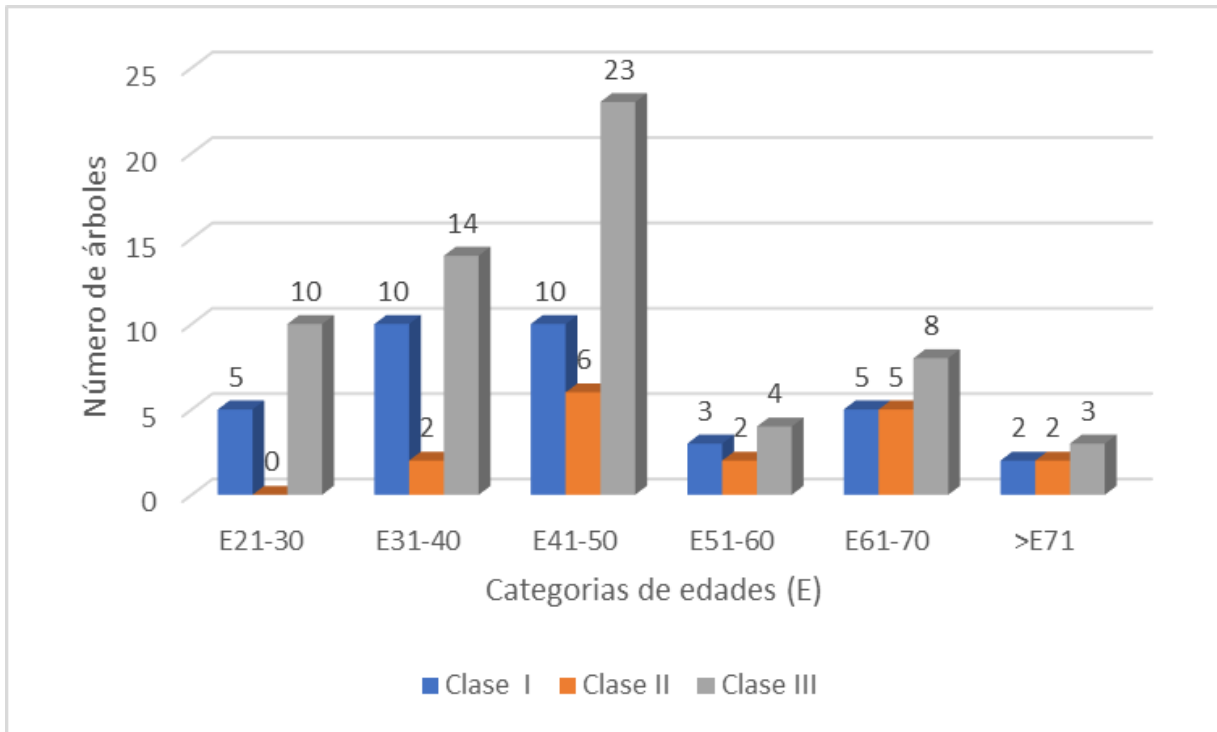


Figura 6 Reclasificación con base en edad de los árboles de *Pinus cembroides* en la UPGF en el ejido Carbonero Jacales.

## VI. CONCLUSIONES

La densidad de árboles dominantes y codominantes fue alta en el rodal donde se ubicó la Unidad Productora de Germoplasma Forestal de *Pinus cembroides* en el ejido Carbonero Jacales en el municipio de Huayacocotla. Un número alto de árboles se seleccionaron para conformar la Unidad Productora de Germoplasma Forestal. Sin embargo, la mayoría de los árboles se clasificaron en la Clase III. El método de clasificación en el presente trabajo representa en mejor medida la calidad fenotípica de los árboles que constituyen la Unidad Productora de Germoplasma Forestal en el ejido Carbonero Jacales.

## VII. LITERATURA CITADA

- Alba, L.J. (2007) Movimiento de especies forestales en el estado de Veracruz, México. Doctorado en Recursos Genéticos Forestal, Instituto de Genética Forestal, Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. México. 97 p.
- Barner, H. (1973). Classification of sources for procurement of forest reproductive material. Report FAOIDANIDA Training Course on Forest Tree Improvement, Kenya, pp. 110-138.
- Bray, D. B., M.L. Pérez y D. Barry (2007) Los bosques comunitarios de México. CCMS.SEMARNAT.INE. México. 444 pp.
- Barrett, W.H. (1980) Selección y manejo de rodales semilleros con especial referencia coníferas. En: Mejora genética de árboles forestales. FAO/DANIDA. Mérida, Venezuela. pp. 158-165.
- Castilleja, G. (1996) México. En: The Conservation Atlas of Tropical Forests: The Americas. C.S. Harcourt y J. A. Sayer (ed.). Pp. 193-205. New York: Simon y Schuster.
- CONABIO (2009). Catálogo taxonómico de especies de México. 1. In Capital Nat. México. CONABIO, Ciudad de México.
- CONAFOR (2016) Manual para el establecimiento de unidades productoras de germoplasma forestal. Coordinación de conservación y restauración. CONAFOR. 71 pp.
- CONAFOR (2010) Manual básico de Prácticas de reforestación. Gerencia de Reforestación de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. 65 pp.
- CONAFOR (2020) Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal. [https://snigf.cnf.gob.mx/wp-content/uploads/Indicadores%20MIR/2021/metodologia\\_num\\_upgf\\_2021.pdf](https://snigf.cnf.gob.mx/wp-content/uploads/Indicadores%20MIR/2021/metodologia_num_upgf_2021.pdf). Consultada el día 13/11/2020.
- Díaz, C. E. (2016) Estructura del arbolado y regeneración de *Pinus cembroides* después de una infestación de *Dendroctonus mexicanus* y de cortas de

- saneamiento. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. 59 p.
- Ellis, E. C., K. K. S. Goldewijk Siebert, D. Lightman and N. Ramankutty (2010) Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global Ecology and Biogeography* 19:589–606
- Flores, H., L. O. (2016) Condición de salud de *Pinus cemroides* (Zucc.) en la Reforestación de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Departamento Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 61 p.
- Fuentes, M., B. (1992) Caracterización y clasificación fisonómica del bosque de pino piñonero. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 69 p.
- González, V. C. E. (2012) La creación de la Comisión Nacional Forestal. En: Del Ángel-Mobarak (Coord.). La Comisión Nacional Forestal en la historia y el futuro de la política forestal de México. Centro de Investigación y Docencia Económicas, A. C. y Comisión nacional Forestal. México. pp. 117-168.
- Hernández, R. A. (1985) Análisis estructural de los Piñonares del Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 155 p.
- Hughes, C. E. and A. M.J. Robbins (1982) Seed stand establishment procedures for *Pinus oocarpa* and *Pinus caribea* var. *Hondurensis* in the natural forests of Central America. *Commonw. For. Rev.* 61:107-113.
- Lagos, S. L. A. (2016) Programa de Manejo Forestal no maderable. Ejido Carbonero Jacales, Huayacocotla, Veracruz. Pp. 31.
- Meza, A. H. (2006) Estudio ecológico del bosque de piñonero (*Pinus cembroides* Zucc.) del municipio de Santiago de Anaya, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Área Académica de Ingeniería Forestal. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 107 p.
- Niembro, R.A. (2001) Las diásporas de los árboles y arbustos nativos de México: posibilidades y limitaciones de uso en programas de reforestación y desarrollo agroforestal. *Madera y Bosques.* 7(2): 3-11.



- Palmberg, C. (1980). Selection and management of seed stands: hardwoods. FAO Forestry Papers No. 20, 122-123.
- Ruiz, B.I. (2002) Manual de reforestación para América tropical. Forest Service, United States Department of Agriculture e International Institute of Tropical Forestry. 206 pp.
- Segura, G. and C. L. Snook (1992) Stand dynamics and regeneration patterns of apinyon pine forest in east central Mexico. *Forest Ecology and Management*, 47: 175-194.
- Secretaría de Economía (2016) NMX-AA-169-SCFI-2016. Establecimiento de unidades productoras y manejo de germoplasma forestal. Especificaciones técnicas. Subsecretaría de Competitividad y Normatividad.- Dirección General de Normas. Diario Oficial de la Federación, 03/10/2016. 131 pp.
- Shelbourne, C.J.A. (1969). Predicted genetic improvement from different breeding methods. 2nd World Consult. *Forest Tree Breeding*, 2:1023-1029.
- Silva, B., L. (1994) Caracterización sin ecológica del bosque de pino piñonero (*P. cembroides* subsp. *Orizabensis*) en Alzayanca (Santa María Las Cuevas), Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 103 p.
- Vázquez, C., M.A. Batis, S.M.I. Alcocer, D.M. Gual y D.C. Sánchez (1999) Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Fichas de especies. Reporte técnico del proyecto J084, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 266 pp.
- Zobel, B; Talbert, J. (1984). *Applied Forest Tree Improvement*. John Wiley & Sons, New York. 505 p.