

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Indicadores Reproductivos de Conos y Semillas de
Pinus remota (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en Santa Catarina, Nuevo León.

Por:

BRISA MAYA BARAJAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Indicadores Reproductivos de Conos y Semillas de
Pinus remota (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en Santa Catarina, Nuevo León.

Por:

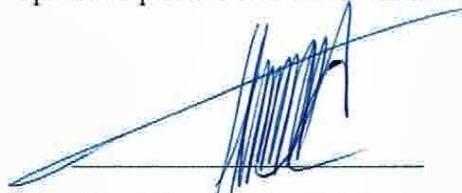
BRISA MAYA BARAJAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

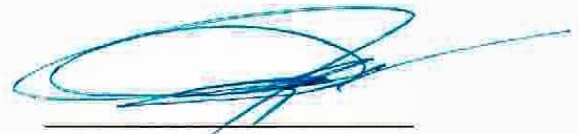
Aprobada por el Comité de Asesoría:



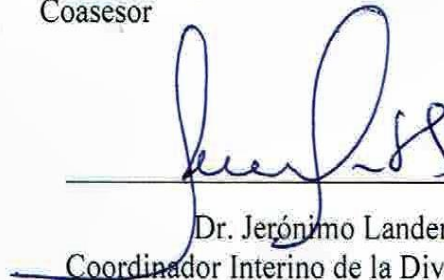
Dr. Celestino Flores López
Asesor Principal



Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo
Coasesor



Dr. Jorge Méndez González
Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2023

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor principal, quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en el plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (autoplagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamiento de un autor sin citarlo; utilizar material digital, como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas, o datos sin citarla autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento que de cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición, o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Brisa Maya Barajas

El presente trabajo de tesis ha sido financiado y apoyado por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro como clave No. 38111-425103001-2173 Que lleva por nombre “Producción de semillas e indicadores reproductivos de Pináceas y Agaváceas del Norte de México” Proyecto que está a cargo de Dr. Celestino Flores López Profesor-Investigador del Departamento Forestal.

DEDICATORIA

Con sincero amor a mis padres Margarita Maya Barajas y Pedro García Reyes, por darme la oportunidad de habitar en este mundo, por creer siempre en mí, este logro también es suyo, por su amor incondicional y por el apoyo tanto económico como emocional para seguir cumpliendo mis metas

A mi hermano y cuñada, Juan Antonio Maya Barajas y Guadalupe Iridian Cesario, por su apoyo y consejos brindados en cada momento.

A mis tías y primos por el apoyo que me brindaron y por estar al pendiente de mis estudios.

Este apartado es dedicado especialmente a:

A mis abuelos, Juana Barajas Rosas[‡] y Margarito Maya Valdespino[‡], a quienes la vida no les permitió verme culminar esta etapa universitaria, pero que en su momento me brindaron amor y su apoyo incondicional, gracias por los consejos y hacer de mí una persona de bien.

No es suficiente con dedicar este trabajo, pero es una forma de agradecimiento por ser y estar presentes en cada momento de la vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de ser y estar aquí concluyendo una etapa más en mi vida y por acompañarme en cada momento.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y brindarme las herramientas necesarias para ser un profesionista de buena madera.

Al Dr. Celestino Flores López, por el apoyo brindado durante la carrera y para la realización del presente trabajo, por los consejos y los ánimos para seguir adelante en cada situación de presente en la vida.

Al Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo, por apoyarme en el desarrollo de este trabajo, por los consejos brindados y por el aporte de sus valiosos comentarios.

Al Dr. Jorge Méndez González, por el apoyo y disponibilidad de compartirme sus conocimientos durante la carrera, y su aportación al presente trabajo.

A todo el personal docente del Departamento Forestal, por ser parte importante de mi formación académica al compartirme sus conocimientos, consejos y experiencias.

A Litzy Marian Rosas Arana, Alejandro Ortega Guzmán y Alberto David Molina Tovar, por la bonita amistad de calidad que surgió, por su apoyo y confianza.

A la Familia Fraustro Morales y Partida Santos, por su hospitalidad y amistad.

A todas aquellas personas y amigos, que por el momento no vienen a mi mente y sin tener la intención de omitir, pero que de alguna manera formaron parte de esta etapa universitaria y me brindaron su apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
1 INTRODUCCIÓN	7
1.1 Objetivos e hipótesis	10
2 REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1 Descripción de <i>Pinus remota</i>	12
2.1.1 Taxonomía.....	12
2.1.2 Descripción	12
2.1.3 Distribución y hábitat.....	12
2.1.4 Ecología.....	13
2.1.5 Importancia de la especie	13
2.2 Colecta de conos y semillas	14
2.3 Variación morfológica de conos y semillas	15
2.4 Evaluación y análisis en producción de conos y semillas en pinos	15
2.5 Potencial y eficiencia de las semillas	17
2.6 Indicadores reproductivos	17
2.7 Factores intrínsecos y extrínsecos que afectan la producción de semillas.....	18
3 MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1 Descripción del área de estudio.....	20
3.1.1 Localización del área.....	20
3.1.2 Aspectos ecológicos.....	20

3.1.3 Selección de arbolado y colecta de conos	20
3.1.4 Evaluación de variables morfológicas de conos y semillas	21
3.2 Variables de producción e indicadores reproductivos de conos y semillas.	22
3.3 Análisis estadístico.....	23
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Características morfológicas y reproductivas de conos y semillas de la colecta 2020.....	26
4.2 Indicadores reproductivos de la colecta 2020	28
4.3 Producción de semillas e indicadores reproductivos de las colectas 1999 y 2020	30
4.3.1 Producción de semilla	30
5 CONCLUSIONES	36
6 RECOMENDACIONES.....	37
7 LITERATURA CITADA	38
8 APÉNDICE.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Índice de correlación de <i>Spearman</i> para tres variables del cono de <i>Pinus remota</i> (Little) D. K. Bailey <i>et</i> Hawksw de Santa Catarina, Nuevo León.....	28
Cuadro 2. Valor promedio, desviación estándar, mínimo y máximo de indicadores reproductivos de la colecta 2020 de la población de <i>Pinus remota</i> (Little) D. K. Bailey <i>et</i> Hawksw, Santa Catarina, N.L.....	29
Cuadro 3. Comparación de potencial de semilla y eficiencia de semilla entre diferentes especies de pinos.....	30
Cuadro 4. Correlación de <i>Spearman</i> para las variables de la colecta 2020 de <i>Pinus remota</i> (Little) D. K. Bailey <i>et</i> Hawksw Santa Catarina, Nuevo León.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Ubicación geográfica de los árboles seleccionados de <i>Pinus remota</i> (Little) D. K. Bailey <i>et</i> Hawksw en las localidades de Santa Catarina, Nuevo León.	21
Figura 2. Cono de <i>Pinus remota</i> (Little) D. K. Bailey <i>et</i> Hawksw de Santa Catarina, Nuevo León.	22
Figura 3. Clasificación de escamas de <i>Pinus remota</i> (Little) D. K. Bailey <i>et</i> Hawksw de Santa Catarina, Nuevo León.	24
Figura 4. Variación entre árboles del diámetro del cono (mm) de <i>Pinus remota</i> (Little) D. K. Bailey <i>et</i> Hawksw de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.	26
Figura 5. Variación entre árboles de la longitud del cono (mm) de <i>Pinus remota</i> (Little) D. K. Bailey <i>et</i> Hawksw de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.	27
Figura 6. Variación entre árboles del peso del cono seco (g) de <i>Pinus remota</i> (Little) D. K. Bailey <i>et</i> Hawksw de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.	27
Figura 7. Producción y pérdida de semillas de <i>Pinus remota</i> (Little) D. K. Bailey <i>et</i> Hawksw de las colectas 1999 y 2020, Santa Catarina, Nuevo León.	32

RESUMEN

Pinus remota se distribuye en el noreste de México, al suroeste de Texas en Estados Unidos. Dicha especie está catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 sujeta a protección especial. Los objetivos del presente trabajo fueron estimar y comparar la producción de semillas e indicadores reproductivos de *Pinus remota* en dos épocas de colecta en la población natural de Santa Catarina, Nuevo León.

Se colectaron 155 y 370 conos en los años 1999 y 2020, respectivamente. La selección del arbolado se hizo en función de aquellos individuos con más de 20 conos, manteniendo una distancia de al menos 50 metros. El análisis de conos y semillas se realizó para determinar el potencial y la eficiencia de semillas. Los indicadores reproductivos evaluados fueron; longitud y diámetro del cono, peso del cono seco, número de semillas llenas, vanas, desarrolladas y dañadas por insectos, hongos y/o bacterias, óvulos abortados del primer y segundo año, óvulos rudimentarios, potencial de semilla, coeficiente de endogamia y eficiencia de semilla. El análisis y correlación de Spearman, de los indicadores mencionados, se realizó con el Statistical Analysis System (SAS), el análisis de medianas se realizó en Past 4.09 por medio de la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

Entre los indicadores reproductivos de la colecta 2020, se encontró correlación significativa entre el tamaño del cono (longitud y ancho) con el peso del cono seco. Hubo diferencia entre colectas (1999 y 2020), con respecto al número de semillas vanas (5 vs. 8), semillas dañadas por insectos, hongos y/o bacterias (1 vs. 0) y en el coeficiente de endogamia promedio (0.45 vs. 0.74), estos valores de cada colecta se pueden relacionar con la autopolinización, la falta de viabilidad de polen y/o la reproducción entre parientes cercanos, debido a que son poblaciones fragmentadas y aisladas.

Palabras clave: *Pinus remota*, árboles, selección, análisis, indicador.

ABSTRACT

Pinus remota is distributed in northeastern Mexico and southwestern Texas, United States. This species is listed in the NOM-059-SEMARNAT-2010 subject to special protection. The objectives of this study were to estimate and compare seed production and reproductive indicators of *Pinus remota* in two collection seasons in the natural population of Santa Catarina, Nuevo León.

A total of 155 and 370 cones were collected in 1999 and 2020, respectively. The selection of trees was made according to those individuals with more than 20 cones, maintaining a distance of at least 50 meters. The analysis of cones and seeds was carried out to determine the potential and efficiency of seeds. The reproductive indicators evaluated were cone length and diameter, dry cone weight, number of full, empty, developed, and damaged seeds by insects, fungi and/or bacteria, aborted ovules of the first and second year, rudimentary ovules, seed potential, inbreeding index, and seed efficiency. Spearman's analysis and correlation of the mentioned indicators was performed with the Statistical Analysis System (SAS), the median analysis was performed in Past 4.09 by means of the non-parametric Mann-Whitney test.

Among the reproductive indicators of the 2020 collection, a significant correlation was found between cone size (length and width) and dry cone weight. There was a difference between collections (1999 and 2020), with respect to the number of empty seeds (5 vs. 8), seeds damaged by insects, fungi and/or bacteria (1 vs. 0) and in the average inbreeding index (0.45 vs. 0.74), these values of each collection can be related to self-pollination, lack of pollen viability and/or reproduction among close relatives, due to the fact that they are fragmented and isolated populations.

Key words: *Pinus remota*, trees, selection, analysis, indicator.

1 INTRODUCCIÓN

México posee la mayor concentración de especies del género *Pinus* Linneo a nivel mundial, aunque se encuentra en controversia taxonómica la cifra exacta (Romeu, 1995), se estima que hay alrededor de 46 especies (Rosas-Chavoya *et al.*, 2016), un 43% de esta diversidad se encuentra dentro de alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). Sin embargo, de las especies nativas de México, nueve presentan distribución compartida con Estados Unidos (Favela, 2004)

Esta riqueza de especies de pinos en México se debe a que tiene una topografía variable y clima, lo cual favorece simultáneamente la existencia de diferentes ecosistemas (Sánchez-González, 2008). La distribución de los pinos mexicanos se encuentra en las siguientes regiones, Baja California Norte y Sur, Sierra Madre Occidental (Chihuahua, Durango, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Sonora y Zacatecas), Sierra Madre Oriental (Coahuila, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí y Tamaulipas), Faja Volcánica Transmexicana (Aguascalientes, Colima, Distrito Federal, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Veracruz), la mayor concentración con 32 especies ocurre en la Sierra Madre Occidental (Sánchez-González, 2008).

Entre dicha diversidad de pinos están los pinos piñoneros, que pertenecen al subgénero *Strobus* Lemm, subsección *Cembroides* Engelm (González-Jiménez *et al.*, 2021), tienen rasgos morfológicos similares entre sí, son árboles de tamaño medio tipo arbóreo-arbustivo tienen acículas simples o en fascículos, vainas caducas (con excepción de *Pinus nelsonii* Shaw) y la base de brácteas de las hojas no decurrentes, escasas escamas cónicas y la semilla carece de ala (Favela, 2004). Los pinos piñoneros son un recurso importante en diversas regiones de México, ya que son aprovechados, ya sea como madera para leña o postes, alimento y también por el mercado del piñón (Villarreal *et al.*, 2009).

De acuerdo con Farjón *et al.* (1997) se tiene el registro de al menos ocho especies de pinos piñoneros en México: *Pinus cembroides* Zucc., *P. culminicola* Andresen *et* Beaman, *P. maximartinezii* Rzed., *P. monophylla* Torr. *et* Frém., *P. nelsonii* Shaw, *P. pinceana* Gordon, *P. quadrifolia* Parl. *ex* Sudw. y *P. remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw. Aunque también

forman parte del grupo de piñoneros las siguientes especies: *P. catarinae* Rob. –Pass., *P. discolor* D. K. Bailey et Hawksw., *P. edulis* Engelm., *P. johannis* Rob. –Pass., *P. juarezensis* lanner y *P. lagunae* passini. (Perry, 1991). De estas últimas especies mencionadas, se reconoce que *P. juarezensis* es sinónimo de *P. quadrifolia*, y *P. catariane* es sinónimo de *P. remota*. De las especies piñoneras, nueve están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (excepto *Pinus cembroides*), en peligro de extinción se consideran *Pinus pinceana*, *Pinus culmicola*, *Pinus nelsonii*, *P. maximartinezii*, y bajo protección especial a *Pinus lagunae*, *Pinus monophylla*, *Pinus johannis*, *Pinus quadrifolia*, y *Pinus remota*.

Uno de los piñoneros mencionados en estatus de riesgo es *Pinus catarinae* Passini, esta especie fue descrita bajo ese nombre por su porte arbustivo y se consideró como especie enana ubicada en Santa Catarina, Nuevo León, en comparación con otras especies de pinos, entre ellas *Pinus remota*, se encontraron disimilitudes morfológicas (Passini, 1982). Sin embargo, Bailey et Hawksworth (1983) consideraron a *Pinus catarinae* como sinónimo de *Pinus remota*, dado que observaron una población con características morfológicas de tipo árbol dentro de la localidad, por lo que determinaron que *Pinus catarinae* surgió de la diferencia microambiental del hábitat. *P. catarinae* se desarrollaría en tamaño y forma si estuviera en condiciones más favorables, considerando dicha especie como sinónimo de *P. remota* (Farjón et al., 1997). Actualmente, es considerada como *Pinus remota* (González-Jiménez et al., 2021).

Por lo tanto, la distribución de *P. remota* abarca áreas del noreste de México, al suroeste de Texas, Estados Unidos, esta especie se diferencia del resto de piñoneros, por crecer desde una altitud de 400 msnm en Estados Unidos de América y en México entre 1140 y 1600 msnm (González-Jiménez et al., 2021). Su hábitat se caracteriza por cañones o laderas de montañas rocosas; con suelos someros y roca caliza donde las poblaciones de piñoneros-juniperos tienen escaso crecimiento (Favela, 2004).

Entre las causas de la situación en riesgo de *Pinus remota* es que presenta una distribución restringida, aunque presenta una variación genética considerable, pero estructurada espacialmente, sin embargo, las poblaciones de *P. remota* se consideran poblaciones

pequeñas, debido a la fragmentación de estas, lo que provoca que la especie no continúe con su distribución y sea restringido el flujo genético (González-Jiménez *et al.*, 2021). Otra de las causas en la reducción de las poblaciones de *P. remota*, son los factores naturales y antropogénicos, dado que es una especie sujeta al aprovechamiento, particularmente las semillas al ser consumidas por el ser humano y la fauna silvestre, así como ardillas, roedores y aves, los cuales sirven como medio de dispersión de las semillas (Fonseca-Juárez, 2003). Sin embargo, al extraer las semillas se va perdiendo la regeneración y disminuyendo la variabilidad genética en las poblaciones.

Dicha variabilidad tiene efectos genéticos, estos se refieren a la pérdida de alelos por medio de la deriva genética y la pérdida de heterocigosidad a través de la endogamia o la reproducción entre ellos (González-Jiménez *et al.*, 2021). Lo que da como resultado semillas vanas, plantas anormales enanas, temprana reducción en las tasas de germinación, y como consecuencia poblaciones reducidas.

Los análisis realizados por González-Jiménez *et al.* (2021) con marcadores genéticos por medio de los microsatélites de núcleo (SSRn) en los que evaluaron los niveles de variación, estructura, flujo genético y endogamia, con los cuales se encontró el rango de diferenciación genética y que en algún momento las poblaciones de *P. remota* sufrieron cambios por el efecto cuello de botella, en menos de cien generaciones, lo que implicó la pérdida de variación genética de la población original.

Por esta razón de disminución de variabilidad genética, las poblaciones de *P. remota* son pequeñas y fragmentadas, puesto que hay riesgo que desaparezcan por los bajos valores de reproducción que han presentado, por lo que se requiere realizar análisis de conos y semillas, los conos pueden colectarse de árboles talados.

El análisis de conos y semillas es un método sistemático para evaluar el potencial de producción de semillas y la eficiencia. Se utiliza para determinar el rendimiento, la calidad, y viabilidad de las semillas, mediante los siguientes indicadores: potencial de semilla (PS), total de semillas desarrolladas (TS), porcentaje de semillas desarrolladas, porcentaje de

semillas llenas, porcentaje de semillas dañadas por insectos, porcentaje de semillas malformadas, porcentaje de semillas dañadas por hongos, porcentaje de óvulos abortados en el primer año, porcentaje de óvulos abortados en el segundo año, escamas fértiles y eficiencia de semilla (Bramlett *et al.*, 1977).

Es de interés mencionar que los criterios de viabilidad de la población y los indicadores reproductivos basados en conos y semillas se encuentran clasificados de la siguiente manera por criterio de viabilidad: 1.- Estado reproductivo (peso del cono, número de semillas llenas por cono, eficiencia de semillas, proporciones de semillas llenas, vacías y abortadas por cono, eficiencia reproductiva, calidad de semillas, vigor de plántulas, cociente de endogamia y estimaciones de endogamia basadas en genes marcadores morfológicos), 2.- Estado genético (variaciones genéticas, presencia de alelos raros, frecuencias genéticas y deriva genética) y 3.- Tamaño mínimo de la población viable (tamaño de la población, dentro de la densidad de población y distribución de la población a nivel paisaje) (Mosseler *et al.*, 2000).

1.1 Objetivos e hipótesis

Objetivo general

Estimar y comparar la producción de semillas e indicadores reproductivos de *Pinus remota* para dos épocas de colecta en la población natural de Santa Catarina, Nuevo León.

Objetivos específicos

1. Estimar y comparar el potencial y eficiencia de semilla como indicadores de producción de semilla para la colecta 1999 y 2020.
2. Estimar y comparar las variables, número de semillas llenas, número de semillas vanas, número de semillas dañadas por insectos, hongos y bacterias, número de óvulos abortados en el primer y segundo año, número de óvulos abortados del segundo año, número de óvulos rudimentarios, número de semillas desarrolladas, potencial de semilla (%), eficiencia de semilla (%) e coeficiente de endogamia (%) como indicadores reproductivos de conos y semillas entre la colecta 1999 y 2020.

Hipótesis

Ho: No existen diferencias entre el potencial de semillas y la eficiencia de semilla entre las dos fechas de colectas.

Ho: No existen diferencias en ningún indicador reproductivo de conos y semillas entre las dos fechas de colecta.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción de *Pinus remota*

2.1.1 Taxonomía

Pinus remota pertenece al grupo de pinos piñoneros, dentro del reino plantae, del filo tracheophyta, la clase pinopsida, el orden pinales y la familia pinaceae (Favela, 2021).

Cabe señalar, que recientemente González-Jiménez *et al.* (2021) mediante análisis realizados a siete poblaciones de *Pinus remota*, por medio de muestras de acículas obtenidas de 112 árboles analizadas con cinco microsatélites de núcleo. Resultaron tres grupos genéticamente con valores de q entre 0.02 y 0.097, entre los cuales no hubo diferencias genéticas entre la población mencionada como *P. remota* con las poblaciones estimadas de *P. catarinae*, así quedando como nombre válido *P. remota*.

2.1.2 Descripción

Los árboles de *Pinus remota* son pequeños, de 2 a 4 m de altura, rara vez puede llegar a medir 6 m, tiene ramas bajas y anchas, que forman una baja copa redondeada que tiende a ser más ancha que alta, esto lo hace parecer más arbusto que árbol.

En individuos juveniles la corteza es de color gris, delgada y con textura lisa, con el tiempo se mantiene delgada, pero se torna rústica y escamosa. Las ramillas son de color verde grisáceo, con hojas aciculares gruesas, conformando entre 2 y 3 un fascículo. Los conos femeninos surgen en pedúnculos curvados con una longitud entre 5 y 10 mm; los conos miden entre 4 y 8 mm de ancho. Los conos masculinos son globosos y dehiscentes, una vez abiertos alcanzan una longitud cerca de 4 cm, permanecen un largo tiempo en el árbol, sus escamas son menos de 30, son duras y rígidas, tiene apófisis piramidales, con umbo dorsal deprimido, las escamas centrales mantienen las semillas, las escamas apicales y basales son pequeñas y regularmente son estériles. Las semillas carecen de alas, tienen una longitud de 12 mm y 7 mm de ancho (Perry, 1991). La descripción morfológica anterior corresponde a *P. catarinae*, cabe resaltar que actualmente se trata de *P. remota*.

2.1.3 Distribución y hábitat

Pinus catarinae se encuentra en un área restringida cerca del municipio de Santa Catarina, Nuevo León, entre la sierra de Saltillo y Monterrey, conociendo que *P. catarinae* es sinónimo

de *Pinus remota* y que dicho lugar forma parte de la distribución de *P. remota*, debido a que este último se distribuye en el suroeste de Texas y la frontera de México (Chihuahua, Coahuila de Zaragoza, Durango, Nuevo León y Sonora) en pequeñas poblaciones.

La población señalada como *P. catarinae* se encontró creciendo en cañones y laderas de montañas, alrededor de 1,140 m sobre roca caliza. El sitio cuenta con una precipitación media anual de 300 mm, con una temperatura media de 18 °C, por lo que diciembre y enero son los meses más fríos, mientras que mayo y junio son los más calientes, lo anterior forma parte de *P. remota* resaltando que este piñón es el único que se caracteriza por crecer a una altitud baja, tal como se encuentra en la altiplanicie de Texas con una altitud de 500 m y en México entre 1200 y 1800 m (Perry, 1991).

2.1.4 Ecología

El pino piñonero, identificado como *P. catarinae* en Santa Catarina, Nuevo León, no se encontró asociado con otra especie del género *Pinus*, sin embargo, se encontró que *Agave lechuguilla* crece en gran cantidad sobre el sitio de dicho piñonero. Aunque es sinónimo de *P. remota*, también en las poblaciones de esta especie es escasa la presencia de piñoneros y juníperos, por lo regular se encuentran especies del género *Agave* y *Opuntia* (Perry, 1991; Farjón *et al.*, 1997). Lo anterior se debe a la particularidad ecológica de su hábitat donde se desarrollan, debido a que crecen individuos aislados o conforman pequeñas poblaciones y dispersas, pero no llegan a formar bosques heterogéneos (Farjón *et al.*, 1997)

2.1.5 Importancia de la especie

Los árboles de porte arbustivo son utilizados para leña como combustible y las semillas tienen un valor importante, puesto que han sido incursionadas en la dieta del ser humano, también han sido utilizadas como alimento por la fauna silvestre, especialmente por algunas especies de invertebrados, destacando algunas ardillas, roedores, y aves como es el cascanueces americano (*Nucifraga columbiana*), la chara de pecho rayado (*Aphelocoma coerulescens*), la chara piñonera (*Gymnorbinus cyanocephalus*) y guacamaya verde (*Ara militaris*) (Fonseca-Juárez, 2003; Flores López com. pers. 2023). Las semillas cuentan con un potencial para ser plantadas en áreas que son improductivas debido a su capacidad de crecimiento en latitudes bajas y en condiciones ambientales complejas. Otro uso puede ser de insumo, la madera es utilizada para postes (Perry, 1991).

2.2 Colecta de conos y semillas

La recolección de conos es crucial en un programa de regeneración exitoso. Aspectos como reconocer la maduración y dispersión de las semillas de las diferentes especies, así como tendencias de clima local y procedimientos de colecta y almacenamiento, determinan que la colecta de germoplasma sea exitosa. Las recolecciones deben incidir en el factor calidad de la semilla tanto como en el factor cantidad, los conos deben cosecharse solo después de que la semilla haya madurado completamente (Tanaka, 1984; Miller y Schaefer, 2015).

Los conos pueden colectarse de árboles talados, pero siempre que se tenga en cuenta que las semillas estuvieran maduras antes de la tala y evaluar que no hayan perdido semillas debido a la apertura de los conos o por depredación. Para poder determinar la viabilidad de las semillas y conos se han determinado indicadores de maduración, los cuales se asocian a diversos aspectos del cono y se clasifican en varias categorías: físicos, bioquímicos y climáticos (Tanaka, 1984).

Los indicadores físicos son el contenido de humedad y la gravedad específica del cono, el color del cono, las alas y la semilla, firmeza del embrión, además de la razón entre la longitud del embrión y la longitud de la cavidad del embrión y los indicadores bioquímicos se basan en el contenido de azúcar o el contenido de grasa cruda en la semilla de los conos, lo cual depende de la especie bajo análisis (Tanaka, 1984). Los indicadores climáticos se vinculan con los cambios en la temperatura a la que están sometidas las poblaciones, muchas semillas maduran en un intervalo de temperatura definido, lo cual trae como consecuencia diferentes periodos de maduración, los cambios en la temperatura son de mayor fiabilidad que las fechas en calendario, además se utilizan otros parámetros como la radiación solar y la precipitación acumulada; cabe mencionar que el periodo exitoso de colecta es relativamente corto, puesto que está restringido a unas cuantas semanas en el año, sobre todo en periodos de cambios de estación (Tanaka, 1984).

Otros elementos asociados a una colecta exitosa de semillas se relacionan con el conocimiento acerca de la dispersión de las semillas en las diferentes poblaciones y especies, es relevante coleccionar semillas maduras, pero en ocasiones se pueden coleccionar semillas inmaduras y buscar la manera de inducir su madurez durante los procesos de almacenamiento de los conos, un factor importante es el número de buenas semillas presentes en varios conos

representativos (Tanaka, 1984). Finalmente, es importante un almacenamiento correcto de los conos, en este caso se usan regularmente bolsas de arpillera, las cuales no deben llenarse hasta arriba para facilitar la apertura de los conos al secarse, además de que no deben apilarse en montones grandes y proporcionar buena ventilación (Tanaka, 1984).

2.3 Variación morfológica de conos y semillas

La morfología estudia la forma externa y la organización interna de la planta, por lo que la morfología externa es acerca de la forma y la morfología interna trata de la anatomía como es la citología e histología (Müller, 2000).

Por lo tanto, la morfología se relaciona con variabilidad, siendo la causa de esta los procesos evolutivos de una especie (etapas de aislamiento reproductivo y la dinámica en su hábitat), la distribución geográfica (natural y artificial) y la domesticación (cultivo de especies). La variabilidad concentrada en el genoma se clasifica en dos grupos: 1) no se expresan las características visibles, esto se refiere a los procesos internos de la planta, y 2) el fenotipo conformado por las características visibles expresadas. Estos caracteres del fenotipo se denominan descriptores morfológicos y se agrupan de la siguiente manera: botánicos-taxonómicos, morfoagronómicos y evaluativos (Franco e Hidalgo, 2003).

De tal manera, la variación morfológica tiene que ver con la diferencia genética, fenotípica, diversidad ecológica y geográfica, dentro de las características ecológicas se encuentra el suelo, clima, temperatura y crecimiento, así como la adaptación, autopolinización, competencia y la contaminación de enfermedades e insectos, entre otros, estos factores influyen en el tamaño de los conos (Mosseler *et al.*, 2000; Krannitz y Duralia, 2004). Por su parte, la variación morfológica se expresa en el tamaño de árbol, conos, color de las hojas y yemas (Furnier, 2004). La variación también se observa en la calidad de la semilla desde los conos, por el porcentaje medio de semillas desarrolladas y con mayor viabilidad (Matthews, 1964).

2.4 Evaluación y análisis en producción de conos y semillas en pinos

El uso de semillas de pino como fuente de alimento se halla extendido por diversas partes del mundo (*e.g.* zona Mediterránea, Ayari *et al.*, 2012). Se ha determinado que el tamaño y locación de los árboles de pino son factores importantes en la producción de conos (Ayari *et*

al., 2012). En algunas especies de pinos piñoneros, el mejor rendimiento del cono y semilla están asociadas con el diámetro del tronco y el tamaño de la copa (Ayari *et al.*, 2012).

Entre los efectos adversos que trae la fragmentación de poblaciones se enumeran la pérdida de flujo genético y un grado alto de endogamia o autopolinización, lo cual puede ser de carácter adverso (Frankham, 1998). En coníferas, las poblaciones con mayor densidad poblacional producen una mayor cantidad de polen, lo que disminuye la posibilidad de autofecundación (Mitton, 1992).

El problema de la autopolinización o endogamia en las poblaciones reside en un aumento en el número de semillas vanas (reducción de semillas llenas) por degeneración de los embriones debido a genes recesivos potencialmente letales, reduce la capacidad germinativa de las semillas llenas y la tasa de crecimiento y la supervivencia de las plantas se ve mermada (Park y Fowler, 1984; Sorensen y Campbell, 1993; Ledig *et al.*, 2000.). Uno de los efectos de la depresión endogámica en coníferas es la reducción en tamaño de la semilla y disminución en la tasa de crecimiento de las plántulas (Mosseler *et al.*, 2000), de hecho, el tamaño de la semilla es importante, debido a que la evidencia sugiere que las semillas de mayor tamaño tienden a producir plántulas más vigorosas en su primera etapa de crecimiento (Sorensen y Campbell, 1993).

Para dichos problemas se deben monitorear las poblaciones, evaluando la producción y calidad de semillas (el corte de semillas en laboratorio, viabilidad y germinación), con fines de conservación de los recursos genéticos, de tal manera se realiza el análisis de conos para evaluar la productividad de semilla (Bramlett, 1974). Por lo tanto, la productividad se puede manifestar en términos de los niveles de eficiencia y potencial productivo de semilla (Bramlett, 1974; Gutiérrez, 2015).

El análisis de los conos proporciona información para evaluar la producción de semillas e identificar cuándo y por qué se ve afectado el potencial de producción de semillas (Alba-Landa *et al.*, 2001), lo anterior es relevante para diagnosticar la viabilidad de poblaciones naturales (Morales-Velázquez *et al.*, 2010) y contribuye a estimar la importancia relativa de determinadas áreas como fuentes productoras de semilla (Morales-Velázquez *et al.*, 2010; Bustamante *et al.*, 2012) y la proporción de daños en estas por insectos y su eficiencia (Bramlett *et al.*, 1977).

2.5 Potencial y eficiencia de las semillas

Además, implica determinar el potencial y la eficiencia de las semillas; el potencial de las semillas se calcula cuantificando el número de escamas fértiles por 2 (duplicando) y la eficiencia de las semillas es la razón del total de semillas llenas entre el potencial de semilla, es decir la producción de semillas desarrolladas por cono en promedio (Alba-Landa *et al.*, 2003). Lo anterior se ha aplicado para algunas especies del género *Pinus* en México (Alba-Landa *et al.*, 2001; Alba-Landa *et al.*, 2003; Morales-Velásquez *et al.*, 2010; Bustamante-García *et al.*, 2012).

Es importante conocer la eficiencia de semilla debido a que mide la productividad del cono en conjunto de su capacidad biológica, dicho indicador es el más importante para de la producción de semillas, sirve para conocer el rendimiento de la eficiencia, si el valor es bajo se identifican las causas que ocasionan la pérdida de semillas y se determina un método viable para corregir dicha pérdida (Bramlett *et al.*, 1977). Por otra parte, el potencial de semillas permite conocer el límite biológico del número de semillas producidas por cono, este indicador es importante por ser clave de la calidad de las semillas y para predecir la tasa de germinación de las semillas, lo que puede tener un impacto significativo en la producción de plantas saludables y productivas (Bramlett *et al.*, 1977)

2.6 Indicadores reproductivos

Los indicadores reproductivos se asocian con algunas características como la longitud y el diámetro mayor del cono cerrado, el reconocimiento y clasificación de escamas fértiles e infértiles, el número de óvulos abortados (producción y viabilidad del polen), el potencial de semilla (PS, número de escamas fértiles por dos), la proporción de semillas abortadas, vanas (grado de consanguinidad), y llenas por conos, la eficiencia de semillas (total de semillas llenas \times 100/PS), el peso total de la semilla llena (convertida a peso de 100 semillas) y el peso de los conos sin semilla, después de secarlos en estufa a 105 °C durante 24 h (Bramlett *et al.*, 1977; Caron y Powell, 1989). Cabe mencionar que, en coníferas, estos indicadores pueden presentar una amplia variación entre árboles en una misma población (Mosseler *et al.*, 2000; Flores-López *et al.*, 2005).

Para evaluar la eficiencia reproductiva se utilizan características como la producción de óvulos abortados y la relación del peso de semillas llenas (mg) respecto al peso seco del cono

(g), mientras que la proporción de semillas vanas respecto al total de desarrolladas se maneja como un coeficiente de endogamia (Mosseler *et al.*, 2000).

2.7 Factores intrínsecos y extrínsecos que afectan la producción de semillas

La producción de semillas de una especie en una población es un indicador sobre la capacidad de la especie de permanecer en un sitio (Alba-Landa *et al.*, 2001) sin embargo, la producción de semillas en los pinos es variable, sucediendo en ciclos reproductivos de duración variable lo que da pauta a que diversos factores puedan ser limitantes en la capacidad de producción de semillas de coníferas en calidad y cantidad (Krannitz y Duralia, 2004). En este sentido, se reconocen factores extrínsecos e intrínsecos que afectan la capacidad de producción de semillas, de individuos y de poblaciones en general (Runions *et al.*, 1995).

Los factores extrínsecos son aquellos externos a los individuos y que no son parte de su biología, se identifican algunos abióticos como presencia y frecuencia de incendios, la latitud y altitud en la cual se encuentran los individuos, el tipo de suelo presente (*e.g.* concentración de N) y el clima, por ejemplo años más cálidos favorecen la producción de semillas, pero condiciones de frío extremo pueden ocasionar que los conos aborten, la humedad ambiental puede favorecer la producción de polen, se ha observado que en situaciones de sequía puede ocurrir un arresto en la polinización (Runions *et al.*, 1995).

Los factores extrínsecos bióticos identificados se enumeran la presencia de plagas asociadas a especies de insectos o ácaros (en México se identifican taxones como *Cydia*, *Leptoglossus*, *Choristoneura*, *Tetranychidae*), presencia de enfermedades (Bramlett *et al.*, 1977; Núñez 2002; Krannitz y Duralia, 2004; Bustamante-García *et al.*, 2012), presión por depredadores como roedores (*Sciurus*, *Tamasciurus*) y aves (*Loxia*, *Nucifraga*) (Krannitz y Duralia, 2004; Siepielski y Benkman, 2007), densidad poblacional de los pinos, ya que generalmente a mayor densidad menor producción *per cápita* de conos, asimismo la estructura en la conformación de las copas (dominantes o codominantes) afecta la productividad de semillas de un sitio (Atkinson y Haavisto, 1996; Krannitz y Duralia, 2004), por otro lado, acciones de manejo como el ceñimiento pueden estimular el crecimiento y producción de semillas (Krannitz y Duralia, 2004).

Entre los factores intrínsecos están aquellos relacionados con la propia biología de la especie, por ejemplo la edad de madurez sexual, la presencia de fitohormonas que pueden estimular

o favorecer la producción de conos masculinos y femeninos (Eriksson *et al.*, 1998) y la abundancia de polen que favorece la producción de semillas (De Groot y Schnekenburger, 1996), por el contrario, las disfunciones fisiológicas y la autofecundación o autopolinización tienen efectos adversos, ya que pueden contribuir a un incremento en el número de semillas vacías o vanas y la muerte de embriones (Kärkkäinen *et al.*, 1999; Mosseler *et al.*, 2000; Velasco-García *et al.*, 2007).

Por otra parte, Bramlett *et al.* (1977) mencionan que, entre dichos factores, extrínsecos e intrínsecos, es probable que la principal causa de pérdida de semillas sea ocasionada por el factor de las plagas por insectos, en México se ha documentado un daño a las semillas de coníferas por diversas familias de insectos (Bustamante *et al.*, 2012).

La producción de semillas es variable en función de la latitud, temporada e individuos. Estas diferencias son más notorias en un contexto temporal e individual, los individuos de mayor tamaño (i.e. mayor diámetro) tienden a producir un mayor número de conos y semillas (Krannitz y Duralia, 2004), además hay años de mayor producción que otros (McDonald, 1992).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Localización del área.

El área de estudio se encuentra en las montañas que comparten el municipio de Saltillo y Monterrey, está ubicada cerca de la localidad Casa Blanca, pertenece al municipio de Santa Catarina, Nuevo León, las poblaciones identificadas por Passini como *Pinus catarinae*, son sinónimo de *Pinus remota* (Farjón *et al.*, 1997). Dichas poblaciones se encuentran entre las coordenadas 25° 37' y 25° 41' de latitud Norte y entre 100° 46' y 100° 38' de longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich, con una altitud entre 1145 y 2395 msnm, los conos fueron tomados en los predios denominados Cañada Cortina, El Jonuco y Casa Blanca, los tres corresponden al municipio de Santa Catarina, Nuevo León (Lemus, 1999).

3.1.2 Aspectos ecológicos.

Según la clasificación de Köppen y modificación por parte de García, E. (2004) el clima es semicálido con temperatura media anual entre 18° a 22 °C y del mes más frío menor de 18 °C. Teniendo un régimen de lluvia en verano con una precipitación media anual de 125 – 400 mm (García, E.-CONABIO, 1998). La edafología del sitio se compone de rigosol calcárico y litosol.

La vegetación pertenece al matorral desértico rosetófilo y matorral submontano, el primero está conformado por arbustos espinosos, abundancia de cactáceas, otras especies que forman parte principal son *Agave lechuguilla*, *Dasylyrion texanum*, *Hechtia glomerata*, *Euphorbia antisiphilitica* y algunas especies del género *Opuntia* (Mata *et al.*, 2014). La vegetación representativa del matorral submontano es *Acacia rigidula*, *Bernardia myricaefolia*, *Acacia berlandieri*, *Cordia boissieri* y *Zanthoxylum fagara* (Canizales-Velázquez, 2009).

3.1.3 Selección de arbolado y colecta de conos

La selección se hizo en función de aquellos árboles con producción superior a 20 conos, manteniendo una distancia de al menos 50 metros, se seleccionaron treinta y siete individuos (independientemente de las diferencias en altura, diámetro, cobertura de copa y edad del árbol), distribuidos en las localidades Cañada Cortina, El Jonuco y Casa Blanca, en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León. (Apéndice 1, Figura 1).

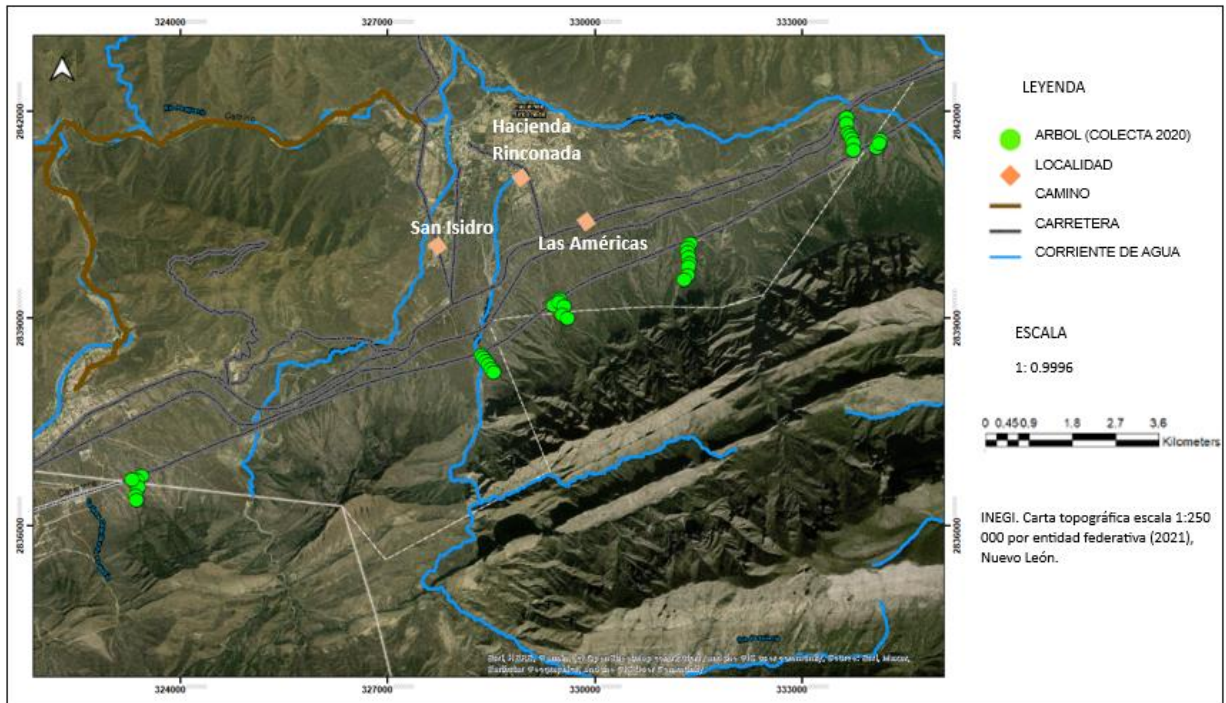
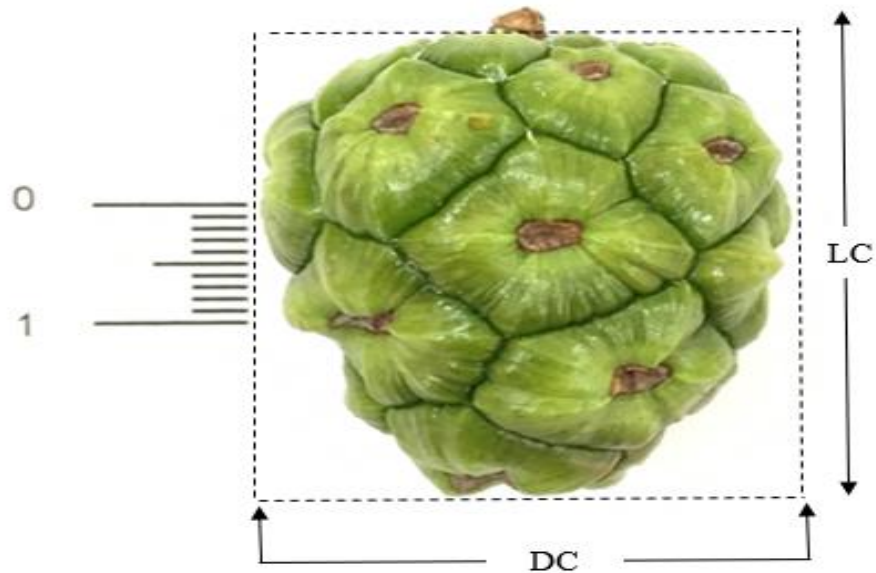


Figura 1. Ubicación geográfica de los árboles seleccionados de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en las localidades de Santa Catarina, Nuevo León.

3.1.4 Evaluación de variables morfológicas de conos y semillas

Posteriormente, se colectaron aleatoriamente diez conos por árbol. Dichos conos se colectaron de las diferentes direcciones cardinales (Norte, Sur, Este y Oeste) y de distintas partes de la copa. Enseguida se registraron los conos en un cuaderno de tránsito, en el cual se anotó la siguiente información: municipio, estado, fecha de colecta, número de árbol y número de cono. Después se colocaron individualmente en bolsas de polietileno, siendo marcadas con un plumón negro, colocando el número de árbol y de cono. Las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Ingeniería Forestal del Departamento Forestal para realizar los análisis pertinentes.

En dicho lugar se ordenaron las bolsas de acuerdo con el número de árbol y se procedió a anotar las siguientes medidas por cono: LC= la longitud del cono (mm) por medio de un vernier digital graduado en milímetros, a partir de la base del cono (sin pedúnculo) al ápice, con el mismo instrumento se midió el DC= diámetro de cono (mm) tomando como referencia el lado más ancho (Figura 2), por otra parte, el peso del cono verde (g) se obtuvo colocando el cono sobre la báscula digital.



La escala de un lado corresponde, a un centímetro. LC= longitud del cono (mm), DC= diámetro del cono (mm).

Figura 2. Cono de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw de Santa Catarina, Nuevo León.

Una vez evaluados los conos, se cambiaron a bolsas de papel Kraft y se colocaron en la estufa de secado a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, pasadas 24 horas se escogieron tres conos de diferente árbol como referencia para pesarlos una vez por día, durante tres días fue suficiente para obtener un peso estable entre 1.69 y 3.1 g.

Después de sacar los conos de la estufa de secado se continuó con el registro en el formato los siguientes indicadores como fue el peso de cada cono en seco (g), enseguida se retiraron las escamas del cono y se separaron las semillas desarrolladas para clasificarse en semillas llenas, vanas, óvulos abortados y rudimentarios (Bramlett *et al.*, 1977). Las semillas llenas se contaron y se pesaron en la báscula digital, por otra parte, se contaron las escamas infértiles (escama basal y terminal) y fértiles, las cuales se clasificaron (Figura 3).

3.2 Variables de producción e indicadores reproductivos de conos y semillas.

Se determinaron las siguientes variables la longitud del cono, diámetro de cono, peso del cono seco, potencial de semilla, semillas desarrolladas, semillas vanas, semillas llenas, semillas dañadas por insectos, hongos y/o bacterias, óvulos abortados en el primer y segundo

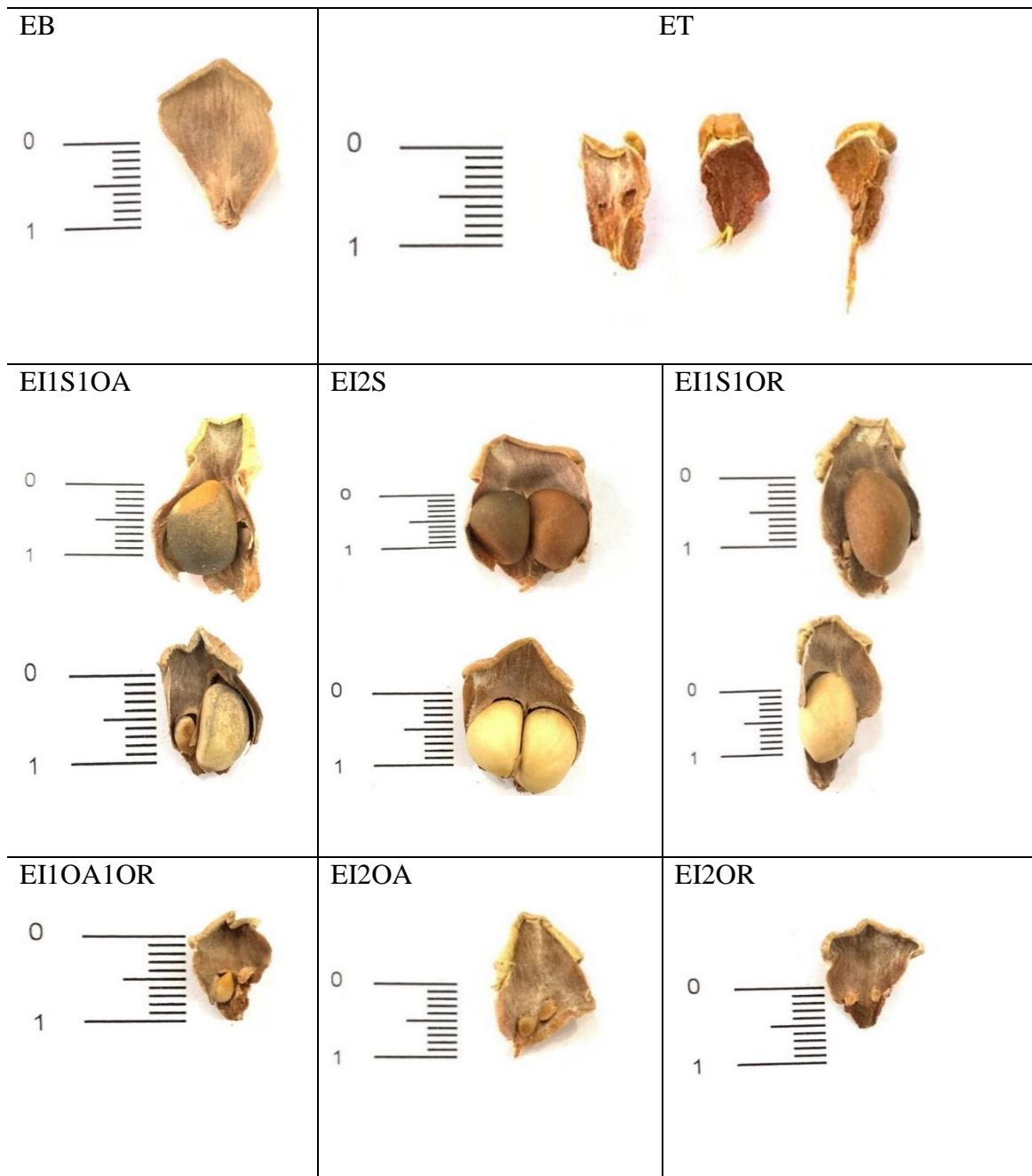
año, eficiencia de semilla, coeficiente de endogamia y eficiencia reproductiva y la proporción de dichos indicadores. Por lo que se compararon los valores de dichos indicadores entre dos años de colecta, 1999 (Lemus, 1999) y 2020, este estudio, para determinar los cambios en los citados indicadores, en poblaciones de Santa Catarina, Nuevo León.

3.3 Análisis estadístico

Los datos se capturaron en Microsoft Excel y se utilizó el PROC UNIVARIATE del Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0 en el cual se realizó el análisis de los datos utilizando el diagrama del árbol y el diagrama de caja (Hines y Montgomery, 1996), para representar la variabilidad de los datos, asimismo localizar los puntos aberrantes.

Después de haber hecho el análisis exploratorio para localizar los datos atípicos y haber observado el comportamiento de los datos en las siguientes variables: longitud del cono (mm), diámetro del cono (mm), peso del cono seco (g), semillas llenas, semillas vanas, semillas dañadas por insectos, hongos y/o bacterias, óvulos abortados en el primer y segundo año, óvulos rudimentarios, semillas desarrolladas, potencial de semilla, coeficiente de endogamia y eficiencia de semilla, se utilizó el PROC MEANS de SAS para calcular la media, el valor máximo, mínimo y la desviación estándar para cada variable por árbol (Apéndice 2). Después, el valor de la media por árbol y la media general de cada variable se graficó con Sigma Plot versión 12.0.

Por otro lado, se realizó el procedimiento PROC MEANS para obtener las medias y medianas por colecta. El valor de la media por indicador se utilizó para graficar el potencial de semilla y con el valor de la mediana se hizo la comparación de las mismas en muestras independientes conformada por los siguientes indicadores: semillas llenas, semillas vanas, semillas dañadas por insectos, hongos y bacterias, óvulos abortados en el primer y segundo año, óvulos rudimentarios, semillas desarrolladas, potencial de semilla, coeficiente de endogamia y eficiencia de semilla, estimadas de las colectas 1999 y 2020. Para esto se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney (Fowler *et al.*, 1998) con el fin de determinar si existe diferencia significativa en el potencial de semilla. Dicha prueba se realizó en el software Past versión 4.09, donde la prueba usa los valores de la mediana para hacer la comparación por indicador.



Dónde: EB= escama basal, ET= escama terminal, EI1S1OA= escama intermedia con una semilla desarrollada y un óvulo abortado del segundo año, EI2S= escama intermedia con dos semillas desarrolladas, EI1S1OR= escama intermedia con una semilla desarrollada y un óvulo rudimentario, EI1OA1OR= escama intermedia con un óvulo abortado de primer año y un óvulo rudimentario, EI2OA= escama intermedia con dos óvulos abortados, EI2OR= escama intermedia con dos óvulos rudimentarios.

Figura 3. Clasificación de escamas de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw de Santa Catarina, Nuevo León.

El análisis de correlación se eligió con base en que los datos no presentan distribución normal y se utilizó el test de Spearman, el cual se llevó a cabo en SAS con el procedimiento de PROC CORR, esto para identificar la asociación entre las variables longitud del cono, diámetro del cono, peso del cono seco, semilla desarrollada, semilla vana, semilla llena, semillas dañadas por insectos, hongos y/o bacterias, óvulos abortados en el primer y segundo año, óvulos rudimentarios, eficiencia de semilla, coeficiente de endogamia, eficiencia reproductiva, potencial de semilla y altitud, esto para la colecta 2020. Se establecieron dos niveles de significancia 0.05 y 0.01.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Características morfológicas y reproductivas de conos y semillas de la colecta 2020

El diámetro del cono tuvo una variación de 20.26 a 36.96 mm de ancho (Figura 4), con un promedio de 29.34 mm, estos valores para *Pinus remota*, de acuerdo con Perry (1990) 35 mm el ancho del cono maduro, está aproximadamente dentro de los tamaños del cono descritos.

Lo anterior puede ser consecuencia de que esta población, que inicialmente era *Pinus catarinae* y cambio a *Pinus remota*, se considera que es un fenotipo diferente en cuanto a las disimilitudes morfológicas porque las condiciones de clima en donde crece *P. remota* son diferentes (González-Jiménez *et al.*, 2021). La longitud de cono tuvo un promedio de 32.79 mm, con rangos de 19.25 a 56.34 mm (Figura 5), al respecto Perry (1990) menciona que el cono de *Pinus catarinae* alcanza a medir 40 mm de largo una vez abierto.

La longitud del cono y su diámetro se correlacionaron significativamente ($p < 0.01$) con el peso del cono seco ($r = 0.67362$) y $r = 0.79016$, respectivamente (Cuadro 1) por lo que el peso del cono seco varía entre 1.11 a 7.07 g, con un promedio de 3.09 g (Figura 6).

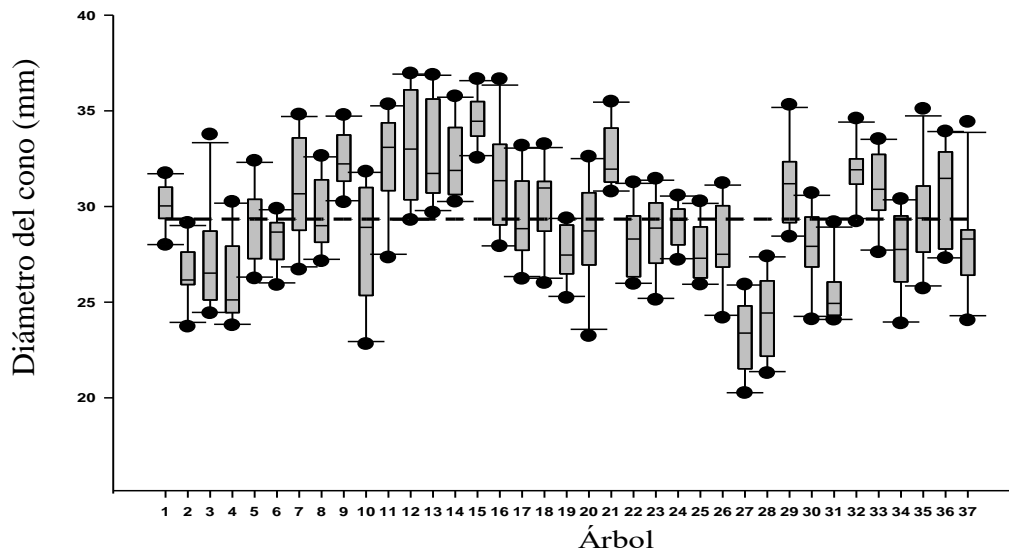


Figura 4. Variación entre árboles del diámetro del cono (mm) de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.

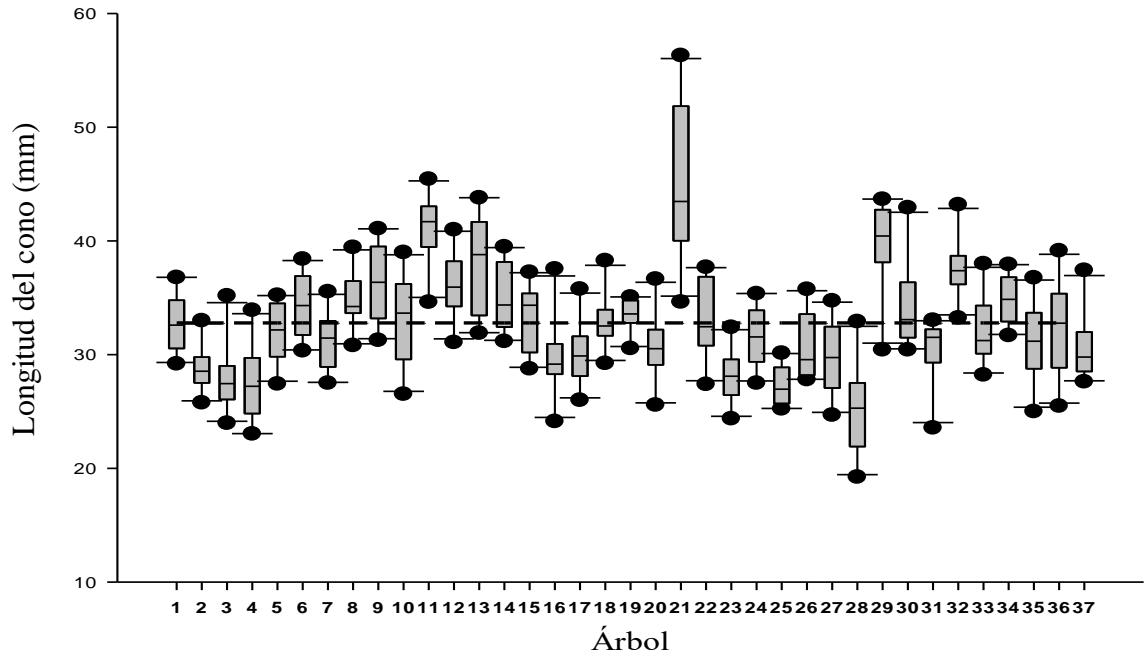


Figura 5. Variación entre árboles de la longitud del cono (mm) de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey et Hawksw de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.

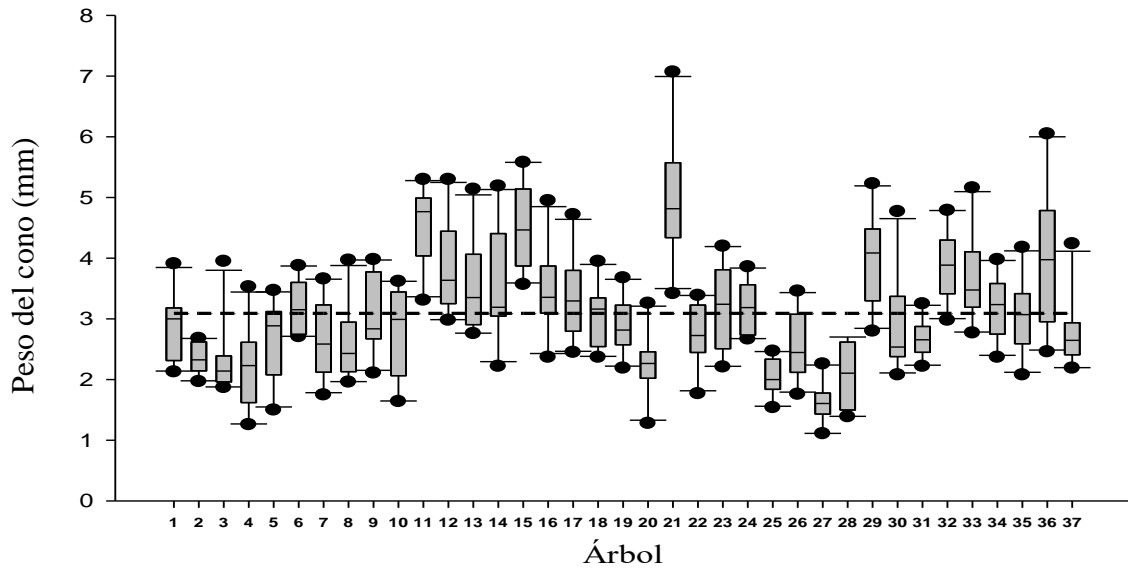


Figura 6. Variación entre árboles del peso del cono seco (g) de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey et Hawksw de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.

4.2 Indicadores reproductivos de la colecta 2020

Los indicadores reproductivos presentaron una amplia variación entre árboles en una misma población y entre cosechas dentro de una misma población, esto está ampliamente reportado (López *et al.*, 1993; Morales-Velázquez *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2013). Esto se refleja en la variación de los valores de semillas llenas y vanas (Apéndice 8 y 9) en la población.

Con respecto a las semillas vanas y llenas, en la colecta de 2020 de *Pinus remota*, se tuvo un promedio 8.48 (intervalo 0-31) de semillas vanas y un promedio de 2.73 (intervalo 0-16) de semillas llenas. En este caso las semillas vanas representaron un 75% del total de las semillas y las semillas llenas poco más del 24%, el resto está representado por semillas afectadas por hongos y otros agentes (Cuadro 2).

Cuadro 1. Índice de correlación de *Spearman* para tres variables del cono de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et Hawksw* de Santa Catarina, Nuevo León.

	Longitud del cono (mm)	Diámetro de cono (mm)	Peso del cono seco (g)
Longitud de cono (mm)	1.00000	0.64201**	0.67362**
Diámetro de cono (mm)		1.00000	0.79016**
Peso del cono seco (g)			1.00000

** $p \leq 0.01$

De manera que el potencial de semilla promedio de la población de *Pinus remota*, para la colecta 2020, fue de 17.2 ± 4.79 (Apéndice 14) y la eficiencia de semilla promedio de 16 ± 18.66 (Apéndice 13), en términos generales el coeficiente de endogamia promedio fue de 0.74 ± 0.2 (Apéndice 12), lo cual fue un índice relativamente alto (Cuadro 2) e indica un alto nivel de autofecundación (Morales-Velázquez *et al.*, 2010). La población de *Pinus remota*, para la colecta 2020, presentó una eficiencia reproductiva promedio de 0.24 ± 0.29 (valores de 0 a 1) (Apéndice 5) la cual se considera relativamente baja. Dicha variación entre indicadores puede estar relacionada con factores específicos de cada rodal en cuanto a la calidad del sitio y características genéticas de la población, factores relevantes que pueden definir la variación del potencial de semilla (Bustamante-García *et al.*, 2012).

Cuadro 2. Valor promedio, desviación estándar, mínimo y máximo de indicadores reproductivos de la colecta 2020 de la población de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey et Hawksw, Santa Catarina, N.L.

Estadísticos	LC (mm)	DC (mm)	PCS (g)	OA1	OA2	OR	SV	SLL	SDIHB	SD	PS	ES	CEND	EF	ER
\bar{x}	32.79	29.34	3.09	0.91	0.56	4.26	8.48	2.73	0.09	11.3	17.2	16.01	0.74	8.6	0.24
Σ	5.03	3.23	0.95	1.08	0.66	3.12	4.7	3.25	0.57	4.35	4.79	18.66	0.2	2.39	0.29
Min	19.25	20.26	1.11	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	3	0
Max	56.32	36.96	7.07	6.2	3.8	16	31	16	7	31	38	75	1	19	1

\bar{x} = Valor promedio, σ = desviación estándar, Min= valor mínimo, Max= valor máximo, LC= Longitud del cono (mm), DC= diámetro del cono (mm), PCS= peso del cono seco (g), OA1= óvulos abortados en el primer año, OA2= óvulos abortados en el segundo año, OR= óvulos rudimentarios, SV= semillas vanas, SLL= semillas llenas, SDIHB= semillas dañadas por insectos, hongos y/o bacterias, SD= semillas desarrolladas, PS= potencial de semillas, ES= eficiencia de semilla (%), CEND= Coeficiente de endogamia(%), EF= escamas fértiles y ER= eficiencia reproductiva (%).

El potencial de semilla de los pinos piñoneros es variable, el valor de potencial de semilla encontrado en la población de *Pinus remota* (colecta 2020) de 17.2 fue similar a otros valores de potencial de semilla en otros pinos piñoneros como *Pinus cembroides*, *Pinus orizabensis* y *Pinus johannis*, los tres con potencial de semilla promedio de 19, 23.1 y 25, respectivamente (López, 2005; Hernández, 2016). En contraste, con el potencial de semilla de otras coníferas como *Pinus hartwegii* cuyos valores promedio son comparativamente más altos (Cuadro 3), estas diferencias en el potencial de semilla y eficiencia de semilla pueden relacionarse con factores genéticos y ambientales, particularmente a que las especies con menor potencial de semilla están adaptadas a climas relativamente con mayor aridez y menor disponibilidad de agua, lo cual afecta la producción de semillas viables que pueden ser abundantes en las poblaciones con temperatura y precipitación menos extrema (Bustamante-García et al., 2012).

Cuando el coeficiente de endogamia es alto provoca un aumento en el porcentaje de semillas vanas (Mosseler et al., 2000). En la población de *Pinus remota* (2020), el coeficiente de

endogamia fue de 0.74, lo cual indica un alto grado de endogamia y que la población tiene problemas reproductivos. En el presente estudio solo el 24% de las semillas estuvieron llenas, cabe mencionar que de forma natural las semillas llenas pueden generar plántulas inviables, ya que al germinar pueden presentar una proporción de plántulas normales que puede ser hasta un 55% (Bramlett *et al.*, 1977), esto sugiere que la población de *Pinus remota* analizada se encuentra en condiciones precarias en cuanto a su capacidad y eficiencia reproductiva, debido a que en términos generales la edad promedio de los árboles es adecuada para que estos produzcan semilla.

Cuadro 3. Comparación de potencial de semilla y eficiencia de semilla entre diferentes especies de pinos.

Especie	Potencial de semilla	Eficiencia de semilla (%)	Cita
<i>Pinus johannis</i>	25 (18 a 25) ¶†	8 (4 a 12)	López (2005)
<i>Pinus cembroides</i>	19	40.6	Hernández (2016)
<i>Pinus orizabensis</i>	23.1	35	Hernández (2016)
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	193 (187 a 200) ¶	71.5 (68 a 75)	Alba-Landa <i>et al.</i> , (2003)
<i>Pinus greggi</i> Engelm.	161 (152 a 170) †	78.9 (70.88 a 86.96)	Alba-Landa <i>et al.</i> , (2005)

¶ Estudios realizados en distintas poblaciones. † Estudios realizados en diferentes años de colecta.

4.3 Producción de semillas e indicadores reproductivos de las colectas 1999 y 2020

4.3.1 Producción de semilla

No se encontraron diferencias entre los valores promedios de las semillas desarrolladas de la colecta 1999 (10 SD) y colecta 2020 (11 SD). Con respecto a las semillas vanas se encontraron diferencias significativas con el valor menor (5) para la colecta 1999 y el valor mayor (8) para la colecta 2020. Se encontró una buena y altamente significativa correlación entre el número de semillas vanas y las semillas desarrolladas ($r = 0.82425$) en la colecta 2022, mientras que las siguientes variables presentaron baja correlación, longitud del cono ($r=0.36717^*$), diámetro del cono ($r= 0.36443^*$) y peso del cono seco ($r=0.23335^*$), esto puede indicar que entre más semillas desarrolladas contenga un cono existe la probabilidad que una porción de estas sean semillas vanas.

De acuerdo con Hernández-Anguiano (2016) en los estudios realizados de *Pinus cembroides* en los estados de Querétaro e Hidalgo el promedio de semillas vanas reportado fue de 19.7 y para *Pinus orizabensis* en los estados de Tlaxcala y Puebla las semillas vanas promedio fue de 24.5, por lo tanto, *P. orizabensis* reportó un coeficiente de endogamia superior con 0.37 %. Por lo que, los resultados de las colectas 1999 y 2020 están dentro del rango de los piñoneros, con problemas de endogamia.

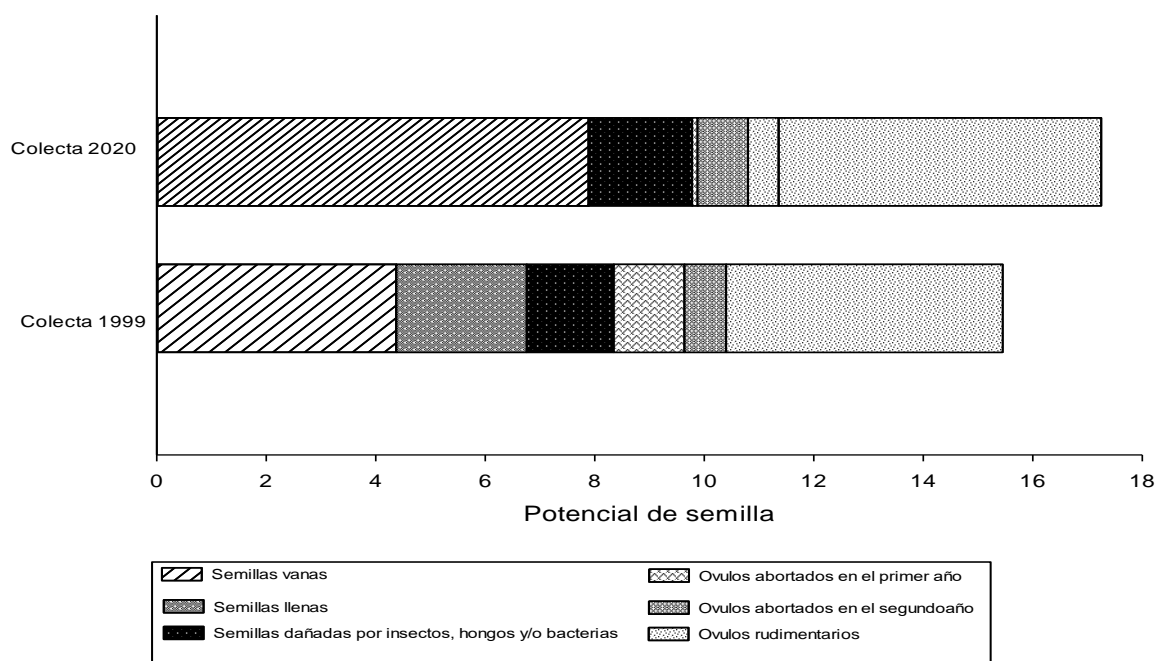
El envanecimiento presentado en ambas colectas (1999 y 2020) podría ser causado por la autopolinización, por consiguiente, se da la autofertilización, añadiendo que la morfología del cono, las escamas infértiles y el ataque de insectos son factores que intervienen en la producción de semillas llenas (Owens *et al.*, 2005). Por lo tanto, la producción de semillas llenas es baja y no hay diferencia para las colectas 1999 y 2020, teniendo ambas un promedio de 2 semillas llenas por cono (Figura 7), probablemente no hay diferencia debido a que coinciden los años semilleros (Alba-Landa *et al.*, 2005; López, 2005).

Por otra parte, la relación de semillas llenas con el diámetro del cono presentó una correlación positiva y altamente significativa ($r = 0.42087$), sin embargo, hay una correlación negativa baja, pero significativa, con respecto a la altitud ($r = -0.28305$) y en este caso afecta el procedimiento de colecta (Cuadro 4) es decir, a mayor altitud el número de semillas llenas disminuye (Lemus, 1999). La producción de semillas llenas es baja comparado con el estudio de *Pinus pinceana* en cinco poblaciones, de las cuales en cuatro encontraron un promedio de 17 semillas llenas por cono, mientras que la quinta no encontraron semillas llenas (Hernández, 2006). Mientras que Hernández-Anguiano (2016) menciona que *Pinus cembroides* registró un promedio de 11 semillas llenas por cono en tres poblaciones.

El número de semillas llenas por cono encontradas en el presente trabajo puede estar relacionado con el daño causado por insectos, así como las heladas presentes en el mes de diciembre en el año 1997 y 2017 (El Horizonte, 2021) antes de colectar, esto influye en la producción de las semillas llenas y la sobrevivencia de conos. Dicha sobrevivencia está determinada por la polinización (Owens *et al.*, 2005).

Entre los insectos que afectan los conos del grupo *Cembroides* se encuentra *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (chinche de patas laminadas), *Conophthorus cembroides*, *Dioryctria albobittella*, *Eucosma bobana* Kearfott y *Cantarinia sp.* (Mosquitas cecidómidas) (Cibrián

et al., 1995). De acuerdo con lo anterior, la comparación de la mediana de las semillas dañadas por insectos, hongos y bacterias, de las dos colectas fue diferente; en la colecta 1999 se registró 1 semilla dañada, mientras que en la colecta 2020 fue de 0 las semillas dañadas (Figura 7). Dichos valores son bajos en comparación con otros *Pinus* y no son representativos de un problema de plaga (Morales-Velázquez *et al.*, 2010).



Año de colecta		SV	SLL	SDIHB	OA1	OA2	OR	SD	PS	ES	CEND
1999	Media	4.38	2.38	1.59	1.29	0.76	5.08	10.03	15.48	14.81	0.45
	Mediana	5.0 b	2.0	1.0 a	1.0	1.0	5.0	10.0	16.0	12.0	0 b
2020	Media	8.48	2.73	0.09	0.92	0.56	4.26	11.31	17.20	16.01	0.74
	Mediana	8.0 a	2.0	0 b	1.0	0	4.0	11.0	17.0	14.0	1 a

SLL= número de semillas llenas, SV= número de semillas vanas, SDIHB= número de semillas dañadas por insectos, hongos y bacterias, OA1= número de óvulos abortados en el primer y segundo año, OA2= número de óvulos abortados del segundo año, OR= número de óvulos rudimentarios, SD= número de semillas desarrolladas, PS= Potencial de semilla (%), ES= Eficiencia de semilla (%) e CEND = coeficiente de endogamia (%). La diferencia significativa es en base a la prueba de Mann-Whitney con un valor de significancia de $p \leq 0.005$. Valores sin letras indica que no hay diferencia significativa.

Figura 7. Producción y pérdida de semillas de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw de las colectas 1999 y 2020, Santa Catarina, Nuevo León.

Con respecto a los óvulos abortados en el primer año, no presentaron diferencias entre la colecta 1999 y 2020 (Figura 7), encontrándose el valor de la mediana 1 para ambas colectas. Tampoco hubo diferencias en los óvulos abortados en el segundo año, se obtuvo 1 para la

colecta 1999 y 0 para la colecta 2020. Los óvulos abortados en el primer año se relacionan con la baja viabilidad que presenta la falta de autopolinización y los óvulos abortados en el segundo año son provocados por insectos, hongos y/o bacterias, cabe mencionar que dichas causas no son exclusivas del segundo año, sino que pueden presentarse en el primer año de los óvulos (Prieto y Martínez, 1993; Bramlett *et al.*, 1997).

Los valores de los óvulos abortados en el primer año y segundo año para ambas colectas son comunes entre el género *Pinus* en comparación, con otros estudios de *Pinus cembroides* donde se reportó en promedio 1.02% de óvulos abortados en el primer año, mientras que para el segundo año 0.44% y en *Pinus cooperi* se reportaron hasta 33% en promedio de óvulos abortados (Prieto y Martínez, 1993; Hernández-Anguiano, 2016). Entre dichos óvulos, se encuentran los óvulos rudimentarios, en los cuales no se presentó diferencia entre colectas, la colecta 1999 obtuvo una mediana de 5 y 4 para la colecta 2020 (Figura 7). Dichos óvulos son no funcionales al ser abortados antes de que el cono comience a crecer, suelen ser más pequeños que los abortados del primer año (Figura 3) y comparten las causas de aborto con los óvulos abortados del primer año, como es autopolinización y su falta de viabilidad (Bramlett *et al.*, 1977).

Mientras que el potencial de semilla es el límite de producción de semillas por cono (Figura 7), siendo así el resultado de las pérdidas de semillas entre cada colecta, para lo cual la primera colecta (1999) obtuvo un promedio de 16 semillas y la segunda (2020) un promedio de 17 semillas por cono (Figura 7), por lo que no hubo diferencia en el potencial de semilla entre colectas. Lo anterior se puede relacionar con los años semilleros o una ligera variación entre las mismas poblaciones (Alba-Landa *et al.*, 2005; López, 2005). El resultado del potencial de semillas en ambas colectas de *Pinus remota* también se ha reportado en otras especies del grupo piñonero, como lo es *Pinus cembroides* y *Pinus orizabensis* ambos entre 19 y 23 semillas por cono (Hernández-Anguiano, 2016).

Cuadro 4. Correlación de Spearman para las variables de la colecta 2020 de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw Santa Catarina, Nuevo León.

LC	DC	PCS	SD	SV	SLL	SDIHB	OA1	OA2	OR	PS	ES	CEND	ER	ALT	
LC	1.00000	0.64201**	0.67362**	0.40845**	0.36717*	0.13976ns	-0.29105*	-0.19880ns	-0.30146**	0.03319ns	0.38436**	0.03264ns	0.21195*	0.22010ns	0.07244ns
DC		1.00000	0.79016**	0.49231**	0.36443*	0.42087**	-0.34702*	-0.32828*	-0.22993*	-0.08708ns	0.44854**	0.34204*	0.22825ns	0.15489ns	-0.01743ns
PCS			1.00000	0.35330*	0.23335*	0.41885**	-0.34707*	-0.26141*	-0.17119ns	-0.19684ns	0.28126ns	0.35205*	0.18752ns	0.06522ns	-0.20140ns
SD				1.00000	0.82425**	0.32976*	-0.29332*	-0.14196ns	-0.19567ns	-0.12603ns	0.74940**	0.17421ns	0.29987**	0.15199ns	-0.12719ns
SV					1.00000	-0.07832ns	-0.25371*	-0.39055**	-0.40917**	-0.03770ns	0.59841**	-0.21040ns	0.49680**	-0.18887ns	0.04855ns
SLL						1.00000	-0.23610*	-0.02086ns	-0.13142ns	-0.21899ns	0.21042ns	0.95116**	-0.23483*	0.53676**	-0.28305*
SDI							1.00000	0.17909ns	0.03260ns	0.08578ns	-0.11829ns	-0.18493ns	0.08323ns	-0.08323ns	0.17914ns
OA1								1.00000	0.67649**	-0.03094ns	0.05864ns	-0.06717ns	-0.41823**	0.17539ns	0.00242ns
OA2									1.00000	-0.17750ns	-0.11312ns	-0.11254ns	-0.22317ns	-0.12821ns	0.05110ns
OR										1.00000	0.41885**	-0.30133**	0.22905*	-0.06247ns	-0.08050ns
PS											1.00000	0.00812ns	0.37737**	0.04102ns	-0.13274ns
ES												1.00000	-0.27341*	0.52234**	-0.29278*
CEND													1.00000	-0.43939**	-0.11007ns
ER														1.00000	-0.08561ns

LC= longitud del cono (mm), DC= diámetro del cono (mm), PCS= peso del cono seco (g), SD= número de semillas desarrolladas, SV= número de semillas vanas, SLL= número de semillas llenas, SDIHB= número de semillas dañadas por insectos, hongos y/o bacterias, OA1= número de óvulos abortados en el primer año, OA2= número de óvulos abortados en el segundo año, OR= número de óvulos rudimentarios, PS= potencial de semillas (%), ES= eficiencia de semilla (%), CEND= coeficiente de endogamia (%), ER= eficiencia reproductiva (%) y ALT= metros sobre el nivel del mar (m). * $p \leq 0.05$ y ** $p \leq 0.01$

No hubo diferencias en las colectas, 1999 y 2020, con respecto al valor de la mediana de la eficiencia de semilla, 12 y 14 %, respectivamente (Figura 7). Estos resultados indican una pérdida de semillas, la eficiencia de semilla tiene una correlación (Cuadro 4) negativa, pero significativamente alta con los óvulos rudimentarios ($r = -0.30133^{**}$) y una relación baja, pero significativa con las semillas llenas ($r=0.95116^*$), por lo tanto, la causa de dichos valores en ambas colectas puede ser a que durante la reproducción los óvulos en su mayoría no fueron funcionales (rudimentarios), por lo que no tuvieron la capacidad de desarrollarse como semilla, debido a la falta de polinización y daños por insectos, en consecuencia, se considera baja la eficiencia de semilla para ambas colectas (Bramlett *et al.*, 1977).

Sin embargo, los valores encontrados de eficiencia de semilla en *Pinus remota* fueron inferiores a los reportados en *Pinus cembroides* (40.6%) y *Pinus orizabensis* (35%), y similares a los valores reportados en *Pinus johannis* con un promedio de 21% de eficiencia de semillas llenas (López, 2005; Hernández-Anguiano, 2016). Dicha diferencia entre porcentajes de eficiencia de semilla puede estar relacionada con el número de óvulos abortados en el primer y segundo año, así como los óvulos rudimentarios, descritos anteriormente.

El coeficiente de endogamia promedio obtenido para las colectas 1999 y 2020 fueron de 0.45 y 0.74%, por lo tanto, se encontraron diferencias entre colectas. En la colecta del año 2020 aumento la endogamia. Ambos valores fueron mayores a los reportados en *Pinus cembroides* con 0.33% y *Pinus orizabensis* con 0.37% (Hernández-Anguiano, 2016).

Dichos valores de coeficiente de endogamia obtenidos en cada colecta se pueden relacionar con la autopolinización, la falta de polen y/o la reproducción entre parientes cercanos, debido a que son poblaciones fragmentadas y aisladas por eventos geológicos o ambientales, aunque también se puede asociar con el declinamiento poblacional asociado a las glaciaciones de América y cuentan con eventos de cuellos de botellas ancestrales (González Jiménez *et al.*, 2021). Por lo tanto, las poblaciones fragmentadas y aisladas son más propensas a tener mayor nivel de endogamia, esto lleva a la disminución de capacidad reproductiva y conlleva a las poblaciones al riesgo de extinción en un futuro (Frankham, 1998).

5 CONCLUSIONES

1. De acuerdo con lo observado no se encontraron diferencias entre ambas colectas para el potencial y eficiencia de semillas, por lo que no se rechazó la hipótesis nula.
2. El potencial y eficiencia de semilla en el par de colectas fueron similares, siendo producto de factores como condiciones de precipitación, temperatura, densidad de la población, falta de polinización y daños por insectos.
3. Al menos en un indicador reproductivo hubo diferencias entre ambos periodos de estudio, por lo que se rechaza la hipótesis nula.
4. Las diferencias, entre ambas colectas se dio en los siguientes indicadores en el número de semillas vanas, semillas dañadas por insectos, hongos y/o bacterias por ende en el coeficiente de endogamia, esto puede ser debido a la falta de polen y su escasa viabilidad y al daño generado por insectos en las semillas.

6 RECOMENDACIONES

1. Continuar con el monitoreo en la población para tener una mejor estimación de la producción de semillas y de sus indicadores, para determinar la variación de los años semilleros.
2. Se requiere considerar la variable densidad del arbolado y de la regeneración en las áreas de colecta para poder explicar la variación de la producción de semillas e indicadores reproductivos.
3. Identificar las especies de insectos, plagas y/o enfermedades que atacan a *Pinus remota* durante el desarrollo de los conos, con el fin de precisar la pérdida de semillas y proponer medidas de saneamiento. y conservación de la especie.

7 LITERATURA CITADA

- Alba-Landa, J., Mendizábal-Hernández, L. D. C., y Márquez, R. J. 2001. Comparación del potencial de producción de semillas de *Pinus oaxacana* Mirov de dos cosechas en Los Molinos, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*, 3(1): 35-38.
- Alba-Landa, J., Rentería, A. A., y Ramírez, J. M. 2003. Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Pinus hartwegii* Lindl. de dos poblaciones de México. *Foresta Veracruzana*, 5(1): 25-28.
- Alba Landa, J., Márquez Ramírez, J., y Bárcenas Cortina, H. S. 2005. Potencial de producción de semillas de *Pinus greggi* Engelm. en tres cosechas de una población ubicada en Carrizal Chico, Zacualpan Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*, 7(2): 37-40.
- Atkinson, G. T., y Haavisto, V. F. 1996. Intermediate crown class black spruce cones have more seeds. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service-Ontario, Great Lakes Forestry Centre.
- Ayari, A., Zubizarreta-Gerendiain, A., Tomé, M., Tome, J., Garchi, S., y Henchi, B. 2012. Stand, tree and crown variables affecting cone crop and seed yield of Aleppo pine forests in different bioclimatic regions of Tunisia. *Forest Systems*, 21(1): 128-140.
- Bailey, D. K. y F. U. Hawksworth 1983. *Pinaceae* of the Chihuahuan desert region. *Phytologia* 53: 226-234. [fecha de consulta 19 enero 2023] Disponible en: <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/220010>
- Bramlett, D. L. 1974. Seed potential and seed efficiency. In: John Kraus (ed.). Seed yield from southern pine seed orchards colloquium proceedings. Georgia Forestry Center, Macon, Georgia. U. S. A. pp. 1-7.
- Bramlett, D. L., E. W. Belcher Jr., G. L. DeBarr, J. L. Hertel, R. P. Karrfalt, C. W. Lantz, T. Miller, K. D. Ware, y H. O. III Yates. 1977. Cone analysis of southern pines: a guidebook. General Technical Report SE-13. USDA For. Serv., Southeastern Forest Experiment Station Asheville, N. C. U.S.A. 28 p.

- Bustamante-García, V., J.A., Prieto-Ruíz, R., Álvarez-Zagoya, A., Carrillo-Parra, J. J., Corral-Rivas, y E., Merlín-Bermudes. 2012. Factors affecting seed production of *Pinus engelmannii* Carr in seed stands in Durango state, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 37(3): 351-359.
- Canizales-Velázquez, P. A., Alanís-Rodríguez, E., Aranda-Ramos, R., Mata-Balderas, J. M., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Flores, G., Uvalle-Sauceda, J. I., y Ruiz-Bautista, M. G. 2009. Caracterización estructural del matorral submontano de la Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 15(2): 115-120. [fecha de consulta: 28 enero 2023] Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200740182009000200005&lng=es&tlng=es.
- Caron, G. E., y G. R. Powell. 1989. Cone size and seed yield in young *Picea mariana* trees. *Canadian Journal of Forest Research*. 19: 351-358.
- Cibrián, T. D., Méndez-Montiel J.T., Campos B. R., Yates III., H.O., y Flores L., J.E. 1995. *Insectos forestales de México/Forest insects of México*. Universidad Autónoma Chapingo y Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. United States Department of Agriculture, Forest Service, United States of America. Natural Resources Canadá, Canadá. Comisión Forestal de América del Norte North American Forestry Commission, FAO. Publicación / Publication #6.
- De Groot, P., y Schnekenburger, F. 1996. Cone traits of jack pine and black spruce in young seedling seed orchards. *New forests*, 12: 279-291.
- El Horizonte. 17 de febrero del 2021. El Horizonte. Recuperado de: <https://www.elhorizonte.mx/local/nuevo-leon-tiene-nevadas-historicas/3006089>
- Eriksson, U., G., Jansson, y C., Almqvist. 1998. Seed and pollen production after stem injections of gibberellin A4/7 in field-grown seed orchards of *Pinus sylvestris*. *Canadian Journal of Forest Research*, 28(3): 340-346.

- Farjón, A., J. A. Pérez de La Rosa and B. T. Styles. 1997. A field guide to the pines of Mexico and Central America, The Royal Botanic Gardens, Kew and Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 151 pp.
- Favela Lara. S., Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad C. 2021. Taxonomía de los pinos del noreste de México. Versión 1.9. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Occurrence dataset. [fecha de consulta: 17 enero 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.15468/cr06y7>
- Favela Lara. S. 2004. Taxonomy and genetic variation of pinyon pines (*Pinus* subsection *Cembroides*) in the Northeast of Mexico. PhD Thesis. Edinburgh University. Edinburgh, Scotland. 63 pp.
- Flores-López, C., Vargas-Hernández, J. J., y López-Upton, J. 2005. Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez. *Agrociencia*, 39(1): 117-126.
- Fonseca-Juárez, R. M. 2003. De piñas y piñones. Facultad de Ciencias. Universidad 46 Nacional Autónoma de México. Num.069: 64-65. [fecha de consulta: 20 enero 2023] Disponible en: <https://revistacienciasunam.com/pt/147-revistas/revist-ciencias-69/1206-de-pi%C3%B1as-y-pi%C3%B1ones.html>
- Fowler, J., L. Cohen and P. Jarvis. 1998. Practical statistics for field biology. 2nd edition. Wiley. England, United Kingdom. 259 p.
- Frankham, R. 1998. Inbreeding and extinction: island populations. *Conservation Biology* 12 (3): 665-675.
- Franco, T. L. e Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- Furnier, G. R. 2004. Métodos para medir variación genética en las plantas. In Manejo de Recursos Genéticos Forestales, segunda edición. Vargas H., J. Jesús, B. Bermejo V.† y F. Thomas Ledig (eds.). Colegio de Postgraduados, Montecillo, México y Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco. pp. 22-29.

- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, E.-CONABIO. 1998. Climas, escala 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- González-Jiménez, A., Delgado-Valerio, P., Molina-Sánchez, A., Flores-López, C., Vargas-Gutiérrez, J. P., y García-Magaña, J. J. 2021. Genetic diversity in *Pinus remota* (*Pinaceae*) populations of Northeast Mexico: evidences of historical demographic contraction. *Acta Botánica Mexicana*. 128. Disponible en: <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1890>
- Gutiérrez, B. (2015). Consideraciones para el muestreo y colecta de germoplasma en la conservación ex situ de recursos genéticos forestales. In Gutiérrez B, R Ipinza, S Barros eds. *Conservación de Recursos Genéticos Forestales, Principios y Prácticas*. Santiago, Chile. Instituto Forestal. 320 p.
- Hernández-Anguiano, L. A. 2016. Variación en indicadores reproductivos, semillas y plántulas de *Pinus cembroides* Zucc y *P. orizabensis* DK Bailey y Hawksw. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 80 p.
- Hernández, M. D. C. O., Ramírez, J. M., Mendizábal-Hernández, L. D. C., Cruz-Jiménez, H., Alba-Landa, J., y Ramírez-García, E. O. 2013. Potencial y eficiencia de producción de semilla de *Pinus patula* Schl. et Cham. de una prueba de progenies en Tlacolulan, Veracruz. *Foresta Veracruzana*, 15(2): 37-44.
- Hernández, S. P. 2006. Producción e indicadores de semillas en ocho poblaciones naturales de *Pinus pinceana*. Tesis de licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 38 p.
- Hines W., W. y Montgomery, Douglas C. 1996. Probabilidad y estadística para ingeniería y administración. Tercera edición. México. C.E.C.S.A. 770 p.
- Kärkkäinen, K., O., Savolainen, y V., Koski. 1999. Why do plants abort so many developing seeds: bad offspring or bad maternal genotypes. *Evolutionary Ecology*, 13: 305-317.

- Krannitz, P. G., y Duralia, T. E. 2004. Cone and seed production in *Pinus ponderosa*: a review. *Western North American Naturalist*, 64:208-218.
- Ledig, F. T., B. Bermejo V., P. D. Hodgskiss, D. R. Johnson, C. Flores L., y V. Jacob C. 2000. The mating system and genetic diversity in Martinez spruce, an extremely rare endemic of México's Sierra Madre Oriental: an example of facultative selfing and survival in interglacial refugia. *Canadian Journal of Forest Research*. 30: 1-9.
- López C., Y. 2005. Producción de semillas e indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Pinus johannis* T. F. Patterson. Tesis de licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 42 p.
- López R., E. 2007. Producción y viabilidad de semillas de *Picea martinezii* M. F. Robert en dos poblaciones naturales de México. Tesis de licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 36 p.
- López, U. J., Jasso, J., Vargas, J., y Ayala, C. (1993). Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii*. *Agrociencia. Serie Recursos Naturales Renovables*. Montecillo, México, 1(3): 81-95.
- Lemus, S. J. L. 1999. Maduración de conos, producción y viabilidad de las semillas de *Pinus catarinae* M. F. Robert-Passini. Tesis de licenciatura. Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 42 p.
- Mata-Balderas J.M, E.J. Treviño-Garza, J. Jiménez-Pérez, O.A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez y A. Mora-Olivo. 2014. Estructura y composición florística del matorral desértico rosetófilo del noreste de México. *Ciencia UANL*. 75: 67-74.
- Matthews, J. D. 1964. Producción y certificación de semillas. *Unasylva* - No. 73-74 - Reunión FAO/IUFRO sobre genética forestal. *Unasylva* 18 (2-3): s.p. [Fecha de consulta: 28 enero 2023]. Disponible en: *Unasylva* - No. 73-74 - Reunión FAO/IUFRO sobre genética forestal - 10. Producción y certificación de semillas.
- McDonald, P. M. 1992. Estimating seed crops of conifer and hardwood species. *Canadian Journal of Forest Research*, 22(6): 832-838.

- Miller, D. y R. Schaefer III. 2015. Cone and seed maturity and collection guidelines for Northern Idaho. Manual. Cover Photo: Courtesy of Marc L. Rust, Inland Empire Tree Improvement Cooperative, copyright 2014. 49 p.
- Mitton, J. B. 1992. The dynamic mating systems of conifers. *New Forests* 6: 197-216.
- Morales-Velázquez, M. G., Ramírez-Mandujano, C. A., Delgado-Valerio, P., y López-Upton, J. 2010. Indicadores reproductivos de *Pinus leiophylla* Schltdl. et Cham. en la cuenca del río Angulo, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1(2): 31-38.
- Mosseler, A., J.E. Major, J.D. Simpson, B. Daigle, K. Lange, Y.S. Park, K.H. Johnsen, and O.P. Rajora. 2000. Indicators of population viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive Traits and Fecundity. *Canadian Journal of Botany*. 78: 928-940.
- Müller, L.E. 2000. Manual de laboratorio de morfología vegetal. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. p. iv
 Disponible en:
<https://books.google.com.ec/books?id=D9QOQAIAIAAJ&pg=PR4&lpg=PR4&dq=morfolog%C3%ADa+vegetal&source=bl&ots=PMYui3SP9z&sig=6dNrBgRu8eZBq88eeNG1ve1ZSXI&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjF1avp45zTAhUhiVQKHTSHDZ84ChDoAQgkMAI#v=onepage&q=morfolog%C3%ADa&f=false>
- Núñez G., V. J. 2002. Análisis de conos y semillas de *Pinus cooperi* Blanco en tres rodales naturales del estado de Durango. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango.
- Owens J N, J Bennett, S L'Hirondelle. 2005. Pollination and cone morphology affect cone and seed production in lodgepole pine seed orchards. *Canadian Journal of Forest Research*. 35: 383-400.
- Park, Y. S., y D. P. Fowler. 1984. Inbreeding in black spruce (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.): self-fertility, genetic load, and performance. *Canadian Journal of Forest Research*. 14: 17-21.

- Passini, F.M. 1982. Los pinos piñoneros del grupo "*Cembroides*". FAO. Paris, Francia. [fecha de consulta: 18 de enero] Disponible en: <https://www.fao.org/3/p8760s/P8760S09.htm#ch9>
- Perry, J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press, Inc. Portland, Oregon, Timber Press USA. 231p.
- Prieto R., J.A. y J. Martínez A. 2006. Análisis de conos y semillas en dos áreas semilleras de *Pinus cooperi* Blanco en San Dimas, Durango. In: El Sitio Permanente de Experimentación Forestal (SPEF) "Cielito Azul" a 40 años de su establecimiento. Publicación especial núm. 23. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. 15-30 p.
- Romeu, E. 1995. Los pinos mexicanos, récord mundial de biodiversidad. CONABIO. Biodiversitas, 2: 11-15. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/3466793155>
- Rosas-Chavoya, M., Granados-Sánchez, D., Granados-Victorino, R. L., y Esparza-Govea, S. 2016. Clasificación y ordenación de bosques de pino piñonero del estado de Querétaro. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 7(33): 52-73.
- Runions, C. J., Catalano, G. L., y Owens, J. N. 1995. Pollination mechanism of seed orchard interior spruce. Canadian Journal of Forest Research, 25(9): 1434-1444.
- Sánchez-González, Arturo. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. Madera y Bosques, 14(1): 107-120. [fecha de consulta: 18 enero 2023].
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental. – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres – Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Gobernación. México, D. F., México. [fecha de consulta: 18 enero 2023] Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/134778/35>.

- Siepielski, A. M., y Benkman, C. W. 2007. Selection by a predispersal seed predator constrains the evolution of avian seed dispersal in pines. *Functional Ecology*, 21(3): 611-618.
- Sorensen, F. C., y R. K. Campbell. 1993. Seed weight-seedling size correlation in coastal Douglas-fir: genetic and environmental components. *Canadian Journal of Forest Research* 23 (2): 275-285.
- Tanaka, Y. 1984. Assuring seed quality for seedling production: cone collection and seed processing, testing, storage, and stratification. In *Forestry nursery manual: production of bareroot seedlings*. Duryea M. L., Landis T. D., eds. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague 27-39 p.
- Velasco-García, M. V., J., López-Upton, G., Ángeles-Pérez, J., Vargas-Hernández, y V., Guerra-de la Cruz. 2007. Dispersión de semillas de *Pseudotsuga menziesii* en poblaciones del centro de México. *Agrociencia*, 41(1): 121-131.
- Villarreal, J. Á., Mares-Arreola, O., Cornejo-Oviedo, E., y Capó-Arteaga, M. A. 2009. Estudio florístico de los piñonares de *Pinus pinceana* Gordon. *Acta Botánica Mexicana*, (89): 87-124.

8 APÉNDICE

Apéndice 1. Ubicación geográfica de árboles de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en Santa Catarina, Nuevo León

No. árbol	Coordenadas		Altitud (msnm)
1	25° 37.845' N	100° 46.355' W	1395
2	25° 38.218' N	100° 45.559' W	1285
3	25° 38.164' N	100° 45.546' W	1303
4	25° 38.098' N	100° 45.573' W	1326
5	25° 38.063' N	100° 45.565' W	1339
6	25° 38.223' N	100° 45.599' W	1277
7	25° 39.632' N	100° 41.980' W	1220
8	25° 39.679' N	100° 41.925' W	1214
9	25° 39.658' N	100° 41.934' W	1218
10	25° 39.625' N	100° 41.890' W	1236
11	25° 39.593' N	100° 41.883' W	1246
12	25° 39.560' N	100° 41.898' W	1251
13	25° 39.533' N	100° 41.856' W	1261
14	25° 40.129' N	100° 40.802' W	1177
15	25° 40.100' N	100° 40.823' W	1189
16	25° 40.061' N	100° 40.825' W	1195
17	25° 40.024' N	100° 40.817' W	1209
18	25° 39.978' N	100° 40.805' W	1225
19	25° 39.947' N	100° 40.812' W	1244
20	25° 39.881' N	100° 40.821' W	1263
21	25° 39.850' N	100° 40.853' W	1284
22	25° 39.236' N	100° 42.593' W	1194
23	25° 39.214' N	100° 42.582' W	1167
24	25° 39.186' N	100° 42.554' W	1177
25	25° 39.161' N	100° 42.535' W	1188
26	25° 39.130' N	100° 42.510' W	1204
27	25° 39.105' N	100° 42.486' W	1216
28	25° 40.962' N	100° 39.174' W	1195
29	25° 40.903' N	100° 39.201' W	1215
30	25° 40.936' N	100° 39.178' W	1204
31	25° 41.133' N	100° 39.467' W	1145

32	25° 41.089' N	100° 39.462' W	1156
33	25° 41.014' N	100° 39.450' W	1187
34	25° 40.994' N	100° 39.435' W	1193
35	25° 40.970' N	100° 39.416' W	1197
36	25° 40.934' N	100° 39.401' W	1212
37	25° 40.881' N	100° 39.403' W	1227

N= Norte, W= Oeste, m= metros

Apéndice 2. Valor promedio, mínimo, máximo y desviación estándar de cada árbol, por variable de la colecta de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw 2020 en Santa Catarina, Nuevo León.

No. Árbol		LC (mm)	DC (mm)	PCS (g)	PS	PSD	PSV	PSLL	PSDIHB	POA1	POA2	POR	ES	CEND	ER
1	X	32.67	30.04	2.88	21	52	43	9	0	3	2	44	9	0.82	0.18
	MIN	29.21	28	2.13	16	39	17	0	0	0	0	19	0	0.36	0
	MAX	36.8	31.75	3.91	28	75	75	29	0	6	3	56	29	1	0.6
	STD	0.82	0.39	0.17	1	4	5	3	0	1	0	4	3	0.07	0.2
2	X	28.83	26.59	2.36	14	40	40	0	0	9	6	45	0	1	0
	MIN	25.78	23.73	1.97	10	29	29	0	0	0	0	10	0	1	0
	MAX	33	29.15	2.68	18	80	80	0	0	22	14	67	0	1	0
	STD	0.61	0.47	0.08	1	5	5	0	0	2	1	6	0	0	0
3	X	27.86	27.33	2.32	15	60	41	14	10	5	3	29	14	0.7	0.22
	MIN	23.98	24.43	1.87	10	20	8	0	0	0	0	6	0	0.14	0
	MAX	35.19	33.77	3.95	22	94	78	44	71	21	13	64	44	1	0.64
	STD	0.96	0.89	0.19	1	8	7	5	7	2	1	6	5	0.09	0.25
4	X	27.49	26.11	1.97	15	60	25	35	0	12	7	23	35	0.39	0.45
	MIN	23.04	23.8	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	MAX	33.92	30.25	3.53	22	100	58	67	0	31	19	57	67	0.78	0.94
	STD	1.06	0.71	0.31	1	9	5	8	0	3	2	6	8	0.08	0.29
5	X	31.99	29.09	2.7	17	62	55	7	0	8	5	25	7	0.87	0.14
	MIN	27.44	26.25	1.5	10	50	19	0	0	0	0	8	0	0.38	0
	MAX	35.24	32.4	3.47	22	88	88	32	0	26	16	41	32	1	0.66
	STD	0.83	0.63	0.2	1	4	6	4	0	3	2	4	4	0.08	0.26
6	X	34.25	28.26	3.18	14	65	59	4	3	1	0	35	4	0.93	0.03
	MIN	30.35	25.9	2.71	6	44	43	0	0	0	0	17	0	0.7	0
	MAX	38.42	29.89	3.88	22	100	83	25	25	4	2	50	25	1	0.22
	STD	0.89	0.39	0.14	1	6	4	3	3	1	0	4	3	0.04	0.07
7	X	31.28	30.84	2.67	19	76	66	11	0	0	0	25	11	0.87	0.19
	MIN	27.51	26.71	1.75	18	56	50	0	0	0	0	5	0	0.53	0
	MAX	35.55	34.81	3.66	22	95	95	45	0	0	0	44	45	1	0.79
	STD	0.78	0.86	0.21	1	4	4	5	0	0	0	4	5	0.05	0.25
8	X	34.71	29.52	2.59	20	70	36	34	1	3	2	26	34	0.51	0.58
	MIN	30.82	27.15	1.96	16	59	13	17	0	0	0	8	17	0.16	0
	MAX	39.45	32.65	3.97	24	83	61	67	8	8	5	39	67	0.77	1.39
	STD	0.77	0.59	0.19	1	3	5	5	1	1	1	3	5	0.06	0.44
9	X	36.34	32.49	3.07	18	77	75	2	0	2	1	19	2	0.97	0.05
	MIN	31.28	30.23	2.11	16	63	45	0	0	0	0	6	0	0.67	0
	MAX	41.1	34.79	3.98	22	90	90	23	0	8	5	38	23	1	0.47
	STD	1.06	0.45	0.2	1	3	4	2	0	1	1	3	2	0.03	0.15
10	X	33.06	28.18	2.79	13	75	74	1	2	4	3	17	1	0.97	0.01
	MIN	26.54	22.82	1.64	8	50	40	0	0	0	0	0	0	0.8	0

	MAX	39	31.83	3.62	22	92	92	7	20	9	5	50	7	1	0.1
	STD	1.28	0.98	0.24	1	4	5	1	2	1	1	5	1	0.02	0.03
	X	41.17	32.46	4.56	19	63	42	21	0	10	6	13	21	0.68	0.36
11	MIN	34.63	27.34	3.31	14	25	14	0	0	3	2	0	0	0.25	0
	MAX	45.45	35.35	5.3	26	88	72	63	0	22	14	27	63	1	0.86
	STD	0.95	0.8	0.2	1	5	6	7	0	2	1	3	7	0.09	0.32
	X	36.15	33.01	3.81	22	63	51	10	3	10	6	21	10	0.83	0.21
12	MIN	31.09	29.3	2.98	16	44	32	0	0	2	1	0	0	0.47	0
	MAX	41	36.96	5.3	30	83	70	38	27	28	17	37	38	1	0.91
	STD	0.89	0.91	0.24	1	4	4	4	3	2	2	4	4	0.06	0.3
	X	37.92	32.88	3.57	17	70	58	13	0	2	1	26	13	0.82	0.26
13	MIN	31.9	29.69	2.76	12	58	27	0	0	0	0	13	0	0.43	0
	MAX	43.81	36.89	5.14	24	88	79	36	0	8	5	42	36	1.1	0.9
	STD	1.45	0.85	0.24	1	3	5	4	0	1	1	3	4	0.06	0.29
	X	34.92	32.47	3.55	22	70	33	36	0	4	2	24	36	0.47	0.72
14	MIN	31.18	30.26	2.22	16	55	13	25	0	0	0	5	25	0.22	0.52
	MAX	39.5	35.77	5.19	28	90	56	54	0	11	7	33	54	0.63	1.07
	STD	0.92	0.62	0.28	2	4	4	3	0	1	1	3	3	0.05	0.18
	X	33.31	34.57	4.5	19	50	27	23	0	2	1	45	23	0.52	0.44
15	MIN	28.77	32.55	3.57	14	16	8	6	0	0	0	28	6	0.18	0.07
	MAX	37.27	36.67	5.58	38	72	50	50	0	16	10	59	50	0.9	0.85
	STD	0.93	0.37	0.22	2	5	5	5	0	2	1	3	5	0.08	0.28
	X	29.77	31.4	3.46	16	67	43	24	0	8	5	19	24	0.65	0.31
16	MIN	24.14	27.93	2.37	12	21	10	0	0	0	0	0	0	0.18	0
	MAX	37.55	36.66	4.95	22	93	93	64	0	31	19	50	64	1	0.72
	STD	1.07	0.84	0.22	1	8	9	7	0	3	2	5	7	0.1	0.26
	X	30.19	29.29	3.37	14	83	67	16	0	2	1	14	16	0.81	0.14
17	MIN	26.01	26.23	2.45	8	64	43	0	0	0	0	0	0	0.55	0
	MAX	35.78	33.19	4.72	18	100	94	36	0	10	6	36	36	1	0.32
	STD	0.85	0.7	0.21	1	3	5	4	0	1	1	4	4	0.05	0.12
	X	32.92	30.26	3.05	14	73	51	22	0	9	5	12	22	0.71	0.35
18	MIN	29.25	26.01	2.37	12	50	25	0	0	0	0	0	0	0.33	0
	MAX	38.28	33.27	3.95	18	100	79	64	0	27	17	22	64	1	1.09
	STD	0.74	0.64	0.16	1	5	7	8	0	2	2	3	8	0.09	0.39
	X	33.53	27.58	2.89	16	66	60	6	0	5	3	16	6	0.91	0.08
19	MIN	30.56	25.23	2.19	8	45	38	0	0	0	0	7	0	0.5	0
	MAX	35.08	29.39	3.68	22	92	92	38	0	9	6	25	38	1	0.43
	STD	0.45	0.46	0.14	1	5	5	4	0	1	1	2	4	0.05	0.14
	X	30.72	28.61	2.25	18	79	70	8	0	2	1	18	8	0.9	0.2
20	MIN	25.58	23.24	1.28	14	67	44	0	0	0	0	7	0	0.54	0
	MAX	36.66	32.61	3.26	22	90	86	38	0	7	4	28	38	1	0.89
	STD	0.98	0.88	0.17	1	2	4	4	0	1	0	2	4	0.05	0.28
21	X	45.04	32.58	4.97	24	82	78	4	0	4	3	11	4	0.95	0.06

	MIN	34.64	30.79	3.42	16	68	55	0	0	0	0	0	0.69	0	
	MAX	56.32	35.49	7.07	34	97	97	25	0	12	7	22	25	1	0.29
	STD	2.18	0.53	0.33	2	3	5	3	0	1	1	2	3	0.04	0.12
	X	33.09	28.17	2.73	20	60	52	8	0	10	6	23	8	0.85	0.14
22	MIN	27.4	25.96	1.77	14	39	28	0	0	3	2	10	0	0.6	0
	MAX	37.7	31.27	3.39	26	75	75	22	0	19	12	50	22	1	0.36
	STD	1.07	0.6	0.16	1	3	5	3	0	2	1	4	3	0.05	0.14
	X	28.08	28.58	3.21	18	80	57	23	1	8	5	7	23	0.71	0.22
23	MIN	24.38	25.13	2.21	14	44	22	0	0	0	0	0	0	0.4	0
	MAX	32.42	31.46	4.2	24	100	79	56	5	28	17	23	56	0.95	0.46
	STD	0.72	0.63	0.22	1	5	7	6	1	2	2	2	6	0.07	0.17
	X	31.63	29.1	3.19	15	72	48	24	1	8	5	15	24	0.67	0.29
24	MIN	27.51	27.22	2.67	10	44	29	0	0	0	0	5	0	0.4	0
	MAX	35.38	30.58	3.86	20	90	75	50	14	19	12	29	50	1	0.56
	STD	0.85	0.35	0.14	1	5	5	5	1	2	1	3	5	0.06	0.19
	X	27.27	27.61	2.04	21	67	51	16	0	3	2	28	16	0.75	0.34
25	MIN	25.24	25.93	1.54	14	50	29	0	0	0	0	0	0	0.5	0
	MAX	30.15	30.28	2.47	26	94	79	36	0	7	4	44	36	1	0.71
	STD	0.53	0.46	0.1	1	4	6	4	0	1	0	4	4	0.06	0.24
	X	30.82	27.92	2.58	18	69	68	0	0	10	6	15	0	0.99	0.01
26	MIN	27.82	24.19	1.76	10	40	40	0	0	0	0	0	0	0.94	0
	MAX	35.76	31.23	3.46	24	80	80	5	0	31	19	27	5	1	0.06
	STD	0.97	0.68	0.18	1	4	4	0	0	3	2	2	0	0.01	0.02
	X	29.89	23.11	1.62	16	50	44	0	13	11	7	32	0	0.88	0
27	MIN	24.7	20.26	1.11	12	33	0	0	0	3	2	14	0	0	0
	MAX	34.75	25.93	2.26	24	71	71	0	100	22	14	50	0	1	0
	STD	1.02	0.62	0.11	1	4	6	0	10	2	1	4	0	0.1	0
	X	25.25	24.32	2.09	11	42	36	1	11	16	10	32	1	0.84	0.02
28	MIN	19.25	21.3	1.39	8	22	10	0	0	0	0	0	0	0.25	0
	MAX	32.92	27.4	2.7	18	60	60	13	75	39	24	75	13	1	0.2
	STD	1.25	0.67	0.17	1	4	5	1	8	4	3	8	1	0.09	0.06
	X	39.82	31.11	4.02	14	82	39	44	0	4	2	14	44	0.47	0.61
29	MIN	30.44	28.43	2.8	8	70	13	0	0	0	0	6	0	0.17	0
	MAX	43.68	35.32	5.23	20	94	94	67	0	12	7	25	67	1	1.17
	STD	1.27	0.71	0.23	1	3	8	8	0	1	1	2	8	0.09	0.35
	X	34.36	27.83	2.88	13	63	47	16	0	3	2	33	16	0.77	0.2
30	MIN	30.44	24.11	2.08	8	50	13	0	0	0	0	0	0	0.14	0
	MAX	42.94	30.71	4.77	24	88	70	75	0	8	5	50	75	1	0.77
	STD	1.25	0.61	0.25	1	4	6	8	0	1	1	5	8	0.1	0.28
	X	30.45	25.45	2.68	15	41	24	17	0	6	4	50	17	0.6	0.25
31	MIN	23.57	24.09	2.22	10	29	6	0	0	0	0	31	0	0.17	0
	MAX	33.04	29.19	3.25	18	60	30	31	0	19	12	67	31	1	0.46
	STD	0.89	0.49	0.09	1	3	2	3	0	2	1	4	3	0.08	0.15

32	X	37.64	31.85	3.89	23	53	29	24	0	3	2	42	24	0.54	0.41
	MIN	33.24	29.23	2.98	16	25	3	0	0	0	0	17	0	0.08	0
	MAX	43.2	34.61	4.79	30	78	72	50	0	12	7	75	50	1	0.89
	STD	0.82	0.45	0.19	1	5	6	6	0	1	1	6	6	0.1	0.3
33	X	32.21	30.94	3.67	15	77	51	23	3	6	3	15	23	0.66	0.29
	MIN	28.23	27.61	2.77	12	67	33	0	0	0	0	0	0	0.46	0
	MAX	38.01	33.53	5.16	18	86	67	44	31	10	6	25	44	1	0.53
	STD	0.93	0.6	0.23	1	2	4	4	3	1	1	3	4	0.06	0.16
34	X	34.95	27.51	3.2	22	78	71	4	0	3	2	20	4	0.91	0.08
	MIN	31.7	23.9	2.37	16	50	33	0	0	0	0	0	0	0.67	0
	MAX	37.95	30.4	3.98	28	118	100	17	0	13	8	36	17	1	0.38
	STD	0.69	0.68	0.17	1	6	6	2	0	2	1	4	2	0.04	0.13
35	X	31.17	29.59	3.05	18	51	39	12	0	4	2	43	12	0.76	0.19
	MIN	25.01	25.72	2.08	12	27	18	0	0	0	0	14	0	0.43	0
	MAX	36.77	35.11	4.18	26	73	54	25	0	8	5	64	25	1	0.46
	STD	1.1	0.82	0.19	1	4	4	3	0	1	1	5	3	0.06	0.15
36	X	32.16	30.83	4.04	18	79	45	33	0	1	0	17	33	0.56	0.45
	MIN	25.49	27.31	2.46	12	46	8	0	0	0	0	0	0	0.18	0
	MAX	39.15	33.93	6.05	24	95	83	56	0	4	2	28	56	1	0.78
	STD	1.3	0.8	0.37	1	4	7	6	0	0	0	2	6	0.09	0.27
37	X	30.56	28.2	2.77	15	68	23	45	0	8	5	30	45	0.35	0.65
	MIN	27.63	24.06	2.19	12	50	7	21	0	0	0	6	21	0.12	0.29
	MAX	37.43	34.43	4.24	20	88	43	75	0	18	11	33	75	0.67	1.14
	STD	0.91	0.84	0.18	1	4	4	6	0	2	1	3	6	0.06	0.3

LC = longitud del cono (mm), DC= diámetro del cono (mm), PCS= peso del cono seco (g), PS= potencial de semilla, PSD= proporción de semillas desarrolladas (%), PSV= proporción de semillas vanas (%), PSL= proporción de semillas llenas (%), PSDIHB= proporción de semillas dañadas por insectos, hongos y/o bacterias (%), POA1= proporción de óvulos abortados en el primer año (%), POA2= proporción de óvulos abortados en el segundo año (%), POR= proporción de óvulos rudimentarios (%), ES= eficiencia de semilla (%), CEND= coeficiente de endogamia (%) y ER= eficiencia reproductiva (%).

Apéndice 3. Valor promedio de cada árbol, por variable de la colecta 1999 y 2020 de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en Santa Catarina, Nuevo León.

COLECTA	SLL	SV	SDIHB	OA1	OA2	OR	SD	PS	CEND	ES
1	4	6	1	0	1	6	13	19	0	23
1	0	5	2	0	1	5	8	13	1	0
1	0	6	2	0	0	4	8	13	1	3
1	0	5	2	1	0	2	8	10	1	2
1	2	4	4	1	1	4	12	16	0	14
1	1	8	1	2	2	7	14	21	1	6
1	1	9	0	2	1	5	12	17	1	6
1	0	6	1	1	1	4	9	13	1	3
1	1	5	1	3	0	6	10	16	1	5
1	0	6	0	1	1	7	9	16	1	0
1	0	9	0	1	1	4	12	16	1	1
1	4	3	0	1	0	6	9	15	0	29
1	5	2	1	1	1	6	10	16	0	33
1	2	5	2	1	0	2	9	12	0	16
1	8	2	1	4	1	5	13	20	0	38
1	2	8	4	1	0	4	16	19	0	11
1	6	1	5	1	0	5	13	18	0	31
1	3	5	2	0	0	4	11	14	1	23
1	8	1	0	1	2	7	12	19	0	43
1	0	5	0	1	2	8	8	17	1	2
1	1	6	1	3	1	8	10	19	1	5
1	1	4	2	2	0	7	9	16	0	5
1	0	3	5	1	0	5	9	14	0	2
1	4	0	1	0	1	6	7	13	0	33
1	3	2	7	1	1	5	13	18	0	17
1	1	2	2	0	1	4	6	9	0	12
1	0	4	1	5	2	3	4	15	1	1
1	3	1	2	1	2	5	8	14	0	21
1	3	4	0	2	0	3	9	12	0	24
1	6	5	1	0	0	4	11	15	0	36
1	2	6	1	1	0	5	11	15	1	15
2	2	9	0	1	0	9	11	21	1	9
2	0	5	0	1	1	7	5	14	1	0
2	2	6	1	1	0	4	9	15	1	14
2	5	4	0	2	1	3	9	15	0	35
2	1	9	0	1	1	4	11	17	1	7
2	0	8	0	0	0	5	9	14	1	4
2	2	13	0	0	0	5	15	19	1	11
2	7	7	0	1	0	5	14	20	1	34

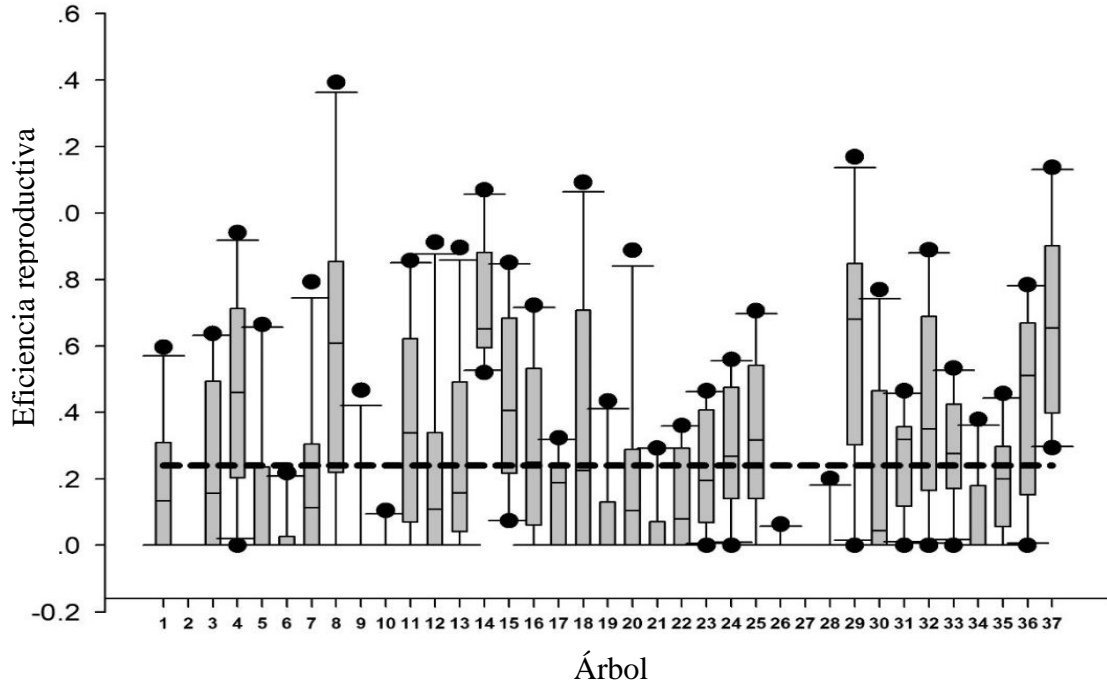
2	1	14	0	0	0	3	14	18	1	2
2	0	10	0	1	0	2	10	13	1	1
2	4	8	0	2	1	3	12	19	1	21
2	2	11	0	2	1	5	14	22	1	10
2	2	10	0	0	0	4	12	17	1	13
2	8	7	0	1	0	5	15	22	0	36
2	4	5	0	1	0	8	9	19	1	23
2	4	7	0	1	1	3	10	16	1	24
2	2	9	0	0	0	2	11	14	1	16
2	3	7	0	1	1	2	10	14	1	22
2	1	9	0	1	1	3	10	16	1	6
2	2	13	0	0	0	3	14	18	1	8
2	1	18	0	1	1	3	19	24	1	4
2	2	11	0	2	1	5	12	20	1	8
2	4	11	0	1	1	2	15	18	1	23
2	4	7	0	1	1	2	11	15	1	24
2	3	10	0	1	0	6	14	21	1	16
2	0	13	0	2	1	3	13	18	1	0
2	0	7	1	2	1	5	8	16	1	0
2	0	4	1	2	1	4	4	11	1	1
2	6	6	0	1	0	2	11	14	0	44
2	2	7	0	0	0	5	8	13	1	16
2	3	3	0	1	0	8	6	15	1	17
2	6	6	0	1	0	10	12	23	1	24
2	3	8	0	1	0	2	11	15	1	23
2	1	15	0	1	0	5	16	22	1	4
2	2	7	0	1	0	8	10	18	1	12
2	6	8	0	0	0	3	14	18	1	33
2	7	3	0	1	1	3	10	15	0	45

Número de colecta 1= 1999 y 2 =2020, SLL= semillas llenas, SV= semillas vanas, SDIHB= semillas dañadas por insectos, hongos y/o bacterias, OA1= óvulos abortados en el primer año, OA2= óvulos abortados en el segundo año, OR= óvulos rudimentarios, SD= semillas desarrolladas, PS= potencial de semillas, CEND= coeficiente de endogamia y ES= eficiencia de semillas.

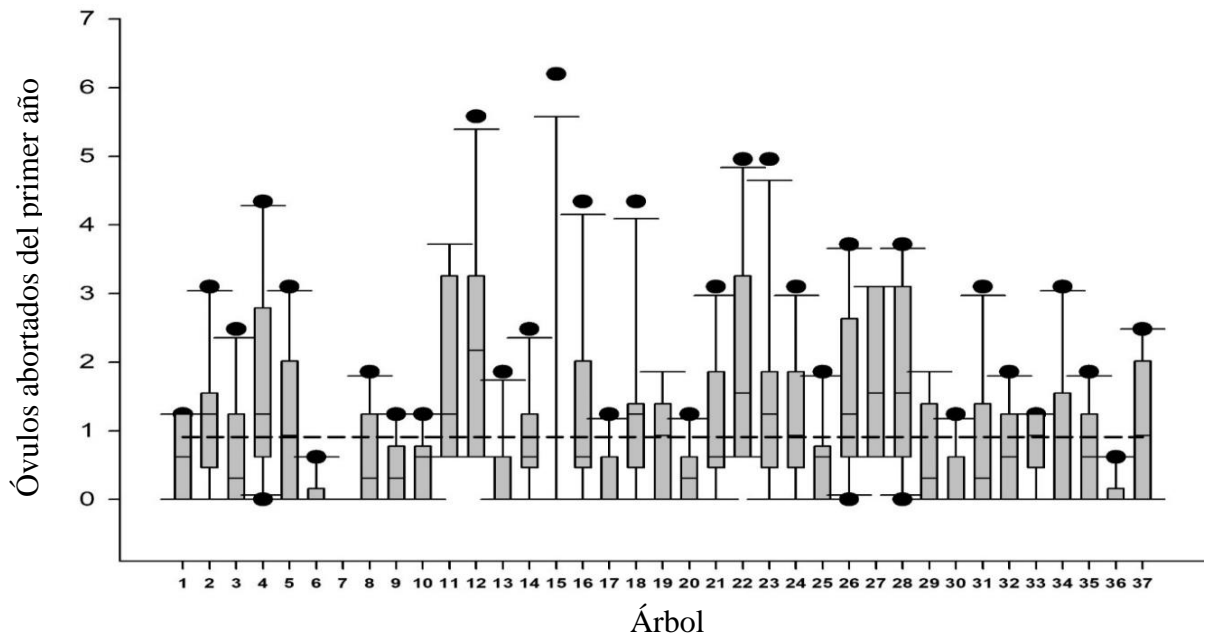
Apéndice 4. Valor promedio de cada árbol, por variable de la colecta 2020 de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en Santa Catarina, Nuevo León.

No. Árbol		LC (mm)	DC (mm)	PCS (g)	PS	SD	SV	SLL	SDIHB	OA1	OA2	OR	ES	CEND	ER
1	\bar{x}	32.67	30.04	2.88	21	11	9	1	0	1	0	9	4	1	0
2	\bar{x}	28.83	26.59	2.36	14	5	3	0	0	1	1	7	0	1	0
3	\bar{x}	27.86	27.33	2.32	15	9	6	1	1	1	0	4	9	1	0
4	\bar{x}	27.49	26.11	1.97	15	9	3	3	0	2	1	3	21	0	0
5	\bar{x}	31.99	29.09	2.7	17	11	7	1	0	1	1	4	5	1	0
6	\bar{x}	34.25	28.26	3.18	14	9	8	0	0	0	0	5	3	1	0
7	\bar{x}	31.28	30.84	2.67	19	15	13	2	0	0	0	5	8	1	0
8	\bar{x}	34.71	29.52	2.59	20	14	8	5	0	1	0	5	23	1	1
9	\bar{x}	36.34	32.49	3.07	18	14	13	0	0	0	0	3	2	1	0
10	\bar{x}	33.06	28.18	2.79	13	10	9	0	0	1	0	2	1	1	0
11	\bar{x}	41.17	32.46	4.56	19	12	7	3	0	2	1	3	13	1	0
12	\bar{x}	36.15	33.01	3.81	22	14	9	1	0	2	1	5	6	1	0
13	\bar{x}	37.92	32.88	3.57	17	12	10	2	0	0	0	4	9	1	0
14	\bar{x}	34.92	32.47	3.55	22	15	8	5	0	1	0	5	25	1	1
15	\bar{x}	33.31	34.57	4.5	19	9	6	2	0	0	0	8	11	1	0
16	\bar{x}	29.77	31.4	3.46	16	10	6	2	0	1	1	3	15	1	0
17	\bar{x}	30.19	29.29	3.37	14	11	9	2	0	0	0	2	13	1	0
18	\bar{x}	32.92	30.26	3.05	14	10	6	2	0	1	1	2	16	1	0
19	\bar{x}	33.53	27.58	2.89	16	10	8	1	0	1	0	3	4	1	0
20	\bar{x}	30.72	28.61	2.25	18	14	12	1	0	0	0	3	7	1	0
21	\bar{x}	45.04	32.58	4.97	24	19	17	1	0	1	1	3	3	1	0
22	\bar{x}	33.09	28.17	2.73	20	12	8	1	0	2	1	5	5	1	0
23	\bar{x}	28.08	28.58	3.21	18	15	9	3	0	1	1	2	18	1	0
24	\bar{x}	31.63	29.1	3.19	15	11	6	2	0	1	1	2	17	1	0
25	\bar{x}	27.27	27.61	2.04	21	14	11	2	0	1	0	6	11	1	0
26	\bar{x}	30.82	27.92	2.58	18	13	10	0	0	2	1	3	0	1	0
27	\bar{x}	29.89	23.11	1.62	16	8	4	0	1	2	1	5	0	1	0
28	\bar{x}	25.25	24.32	2.09	11	4	1	0	0	2	1	4	1	0	0
29	\bar{x}	39.82	31.11	4.02	14	11	5	5	0	1	0	2	36	0	1
30	\bar{x}	34.36	27.83	2.88	13	8	6	1	0	0	0	5	10	1	0
31	\bar{x}	30.45	25.45	2.68	15	6	4	1	0	1	1	8	7	1	0
32	\bar{x}	37.64	31.85	3.89	23	12	8	3	0	1	0	10	13	1	0
33	\bar{x}	32.21	30.94	3.67	15	11	7	3	0	1	0	2	18	1	0
34	\bar{x}	34.95	27.51	3.2	22	17	15	1	0	1	0	5	3	1	0
35	\bar{x}	31.17	29.59	3.05	18	10	7	1	0	1	0	8	6	1	0
36	\bar{x}	32.16	30.83	4.04	18	14	9	5	0	0	0	3	26	1	0
37	\bar{x}	30.56	28.2	2.77	15	10	4	5	0	8	1	3	31	0	1

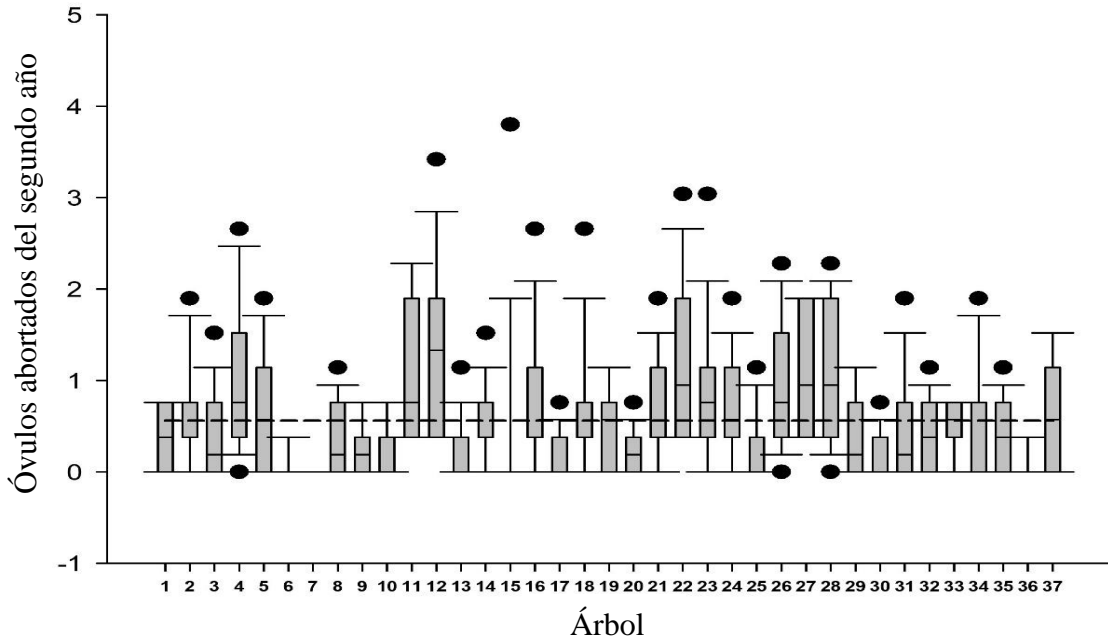
LC = Longitud del cono (mm), DC= diámetro del cono (mm), PCS= peso del cono seco (g), PS= potencial de semilla, SD= semillas desarrolladas, SV= semillas vanas, SLL= semillas llenas, SDIHB= semillas dañadas por insectos, hongos y/o bacterias, OA1= óvulos abortados en el primer año, OA2= óvulos abortados en el segundo año, OR= óvulos rudimentarios, ES= eficiencia de semillas, CEND= coeficiente de endogamia y ER= eficiencia reproductiva.



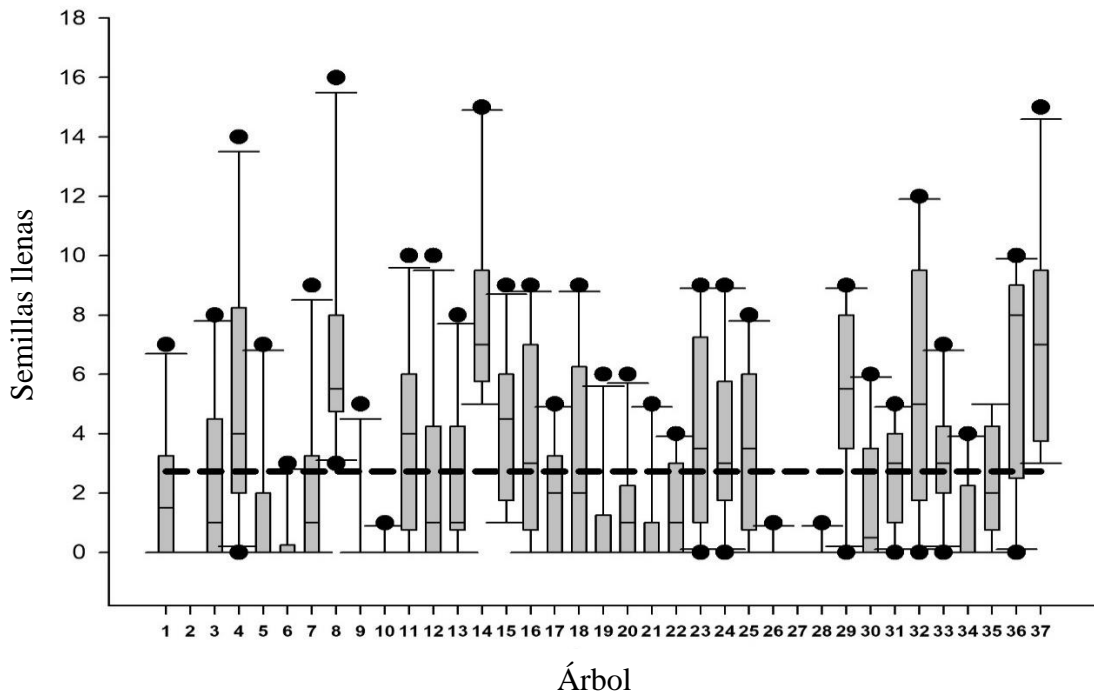
Apéndice 5. Variación de la eficiencia reproductiva entre árboles de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.



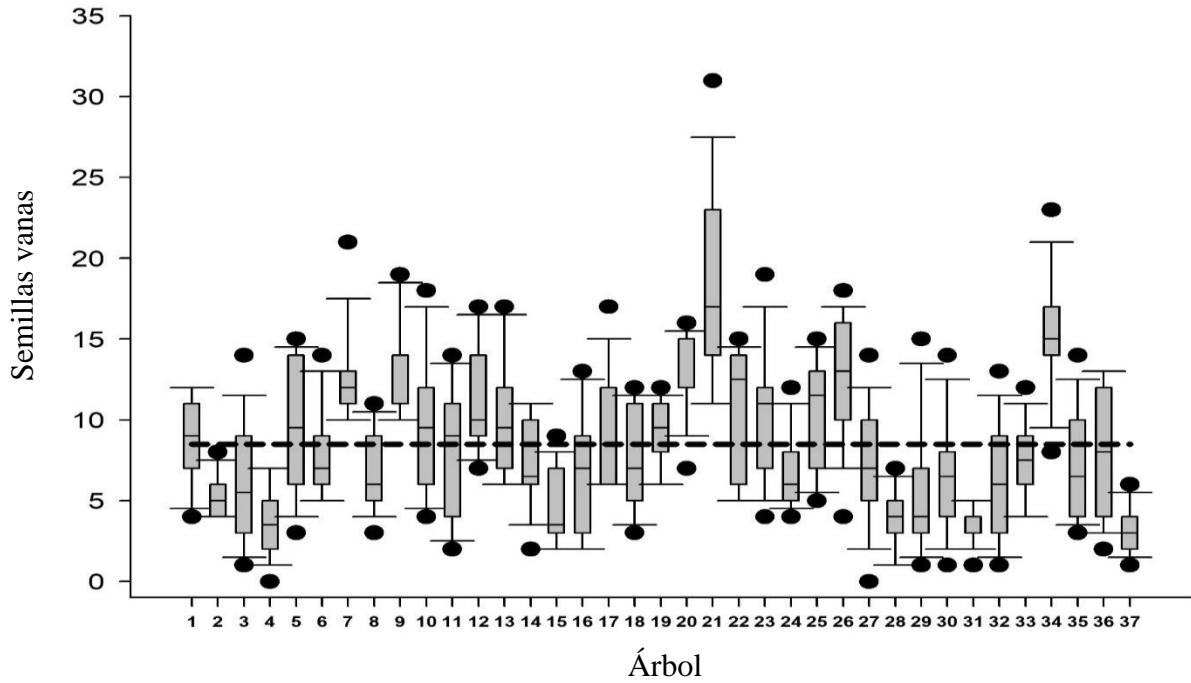
Apéndice 6. Variación de óvulos abortados en el primer año entre árboles de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.



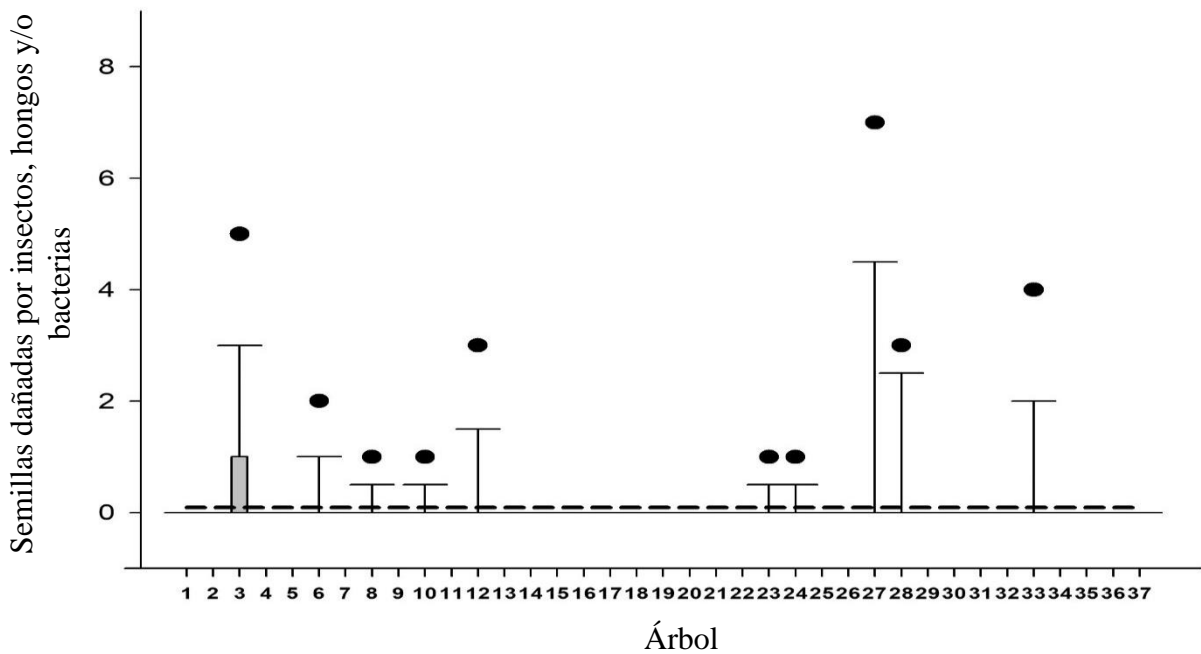
Apéndice 7. Variación de los óvulos abortados en el segundo año entre árboles de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey et Hawksw en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.



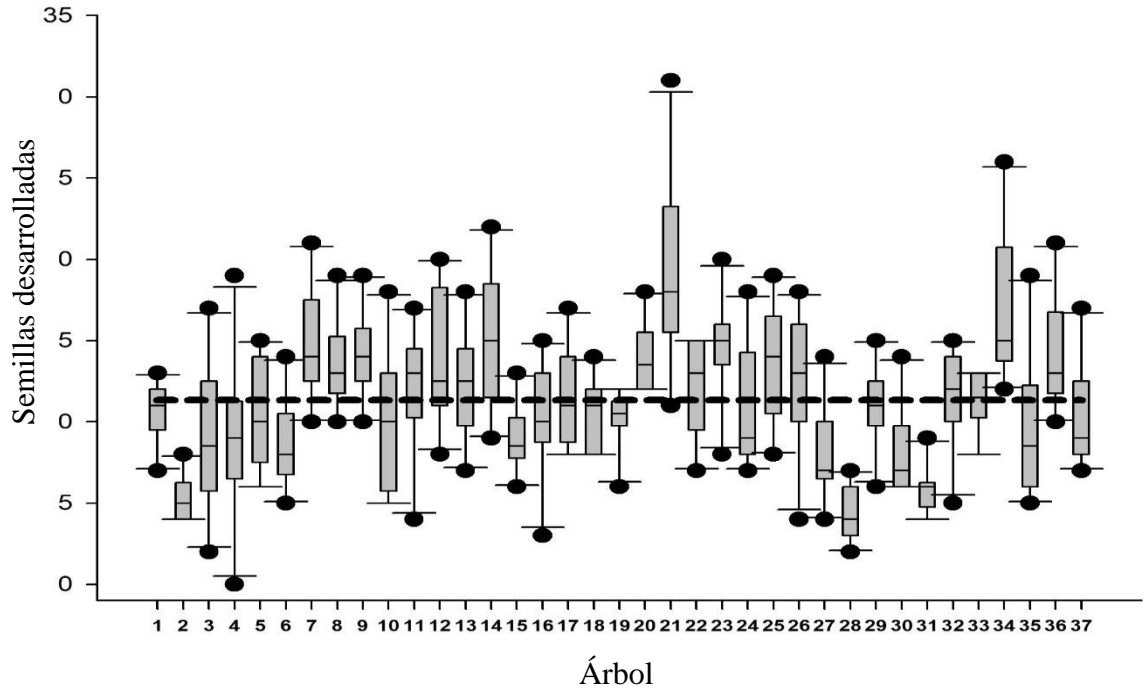
Apéndice 8. Variación de semillas llenas entre árboles de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey et Hawksw en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.



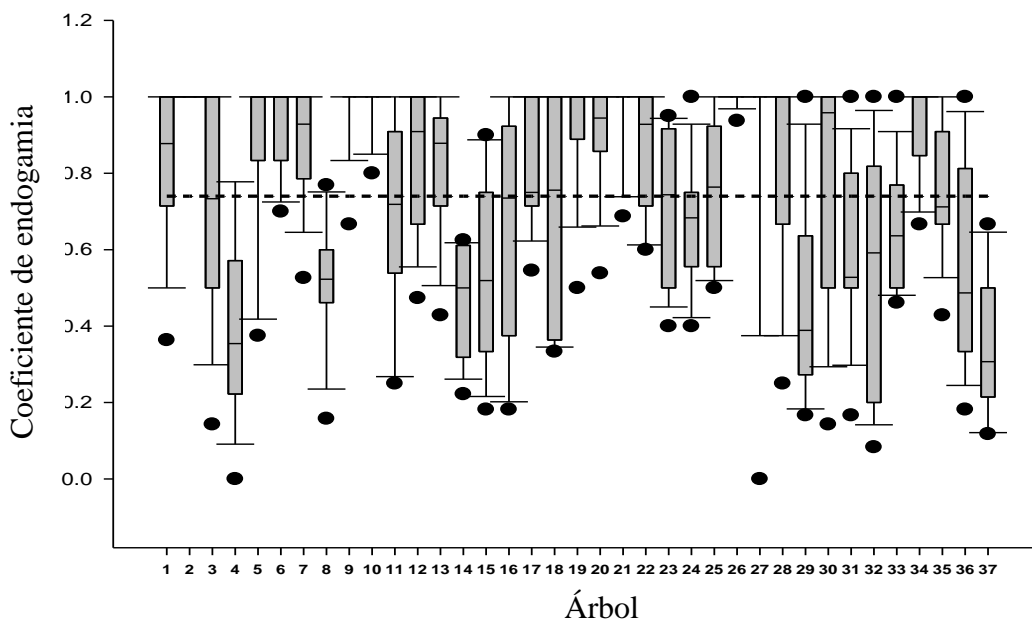
Apéndice 9. Variación de semillas vanas entre árboles de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey et Hawksw en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.



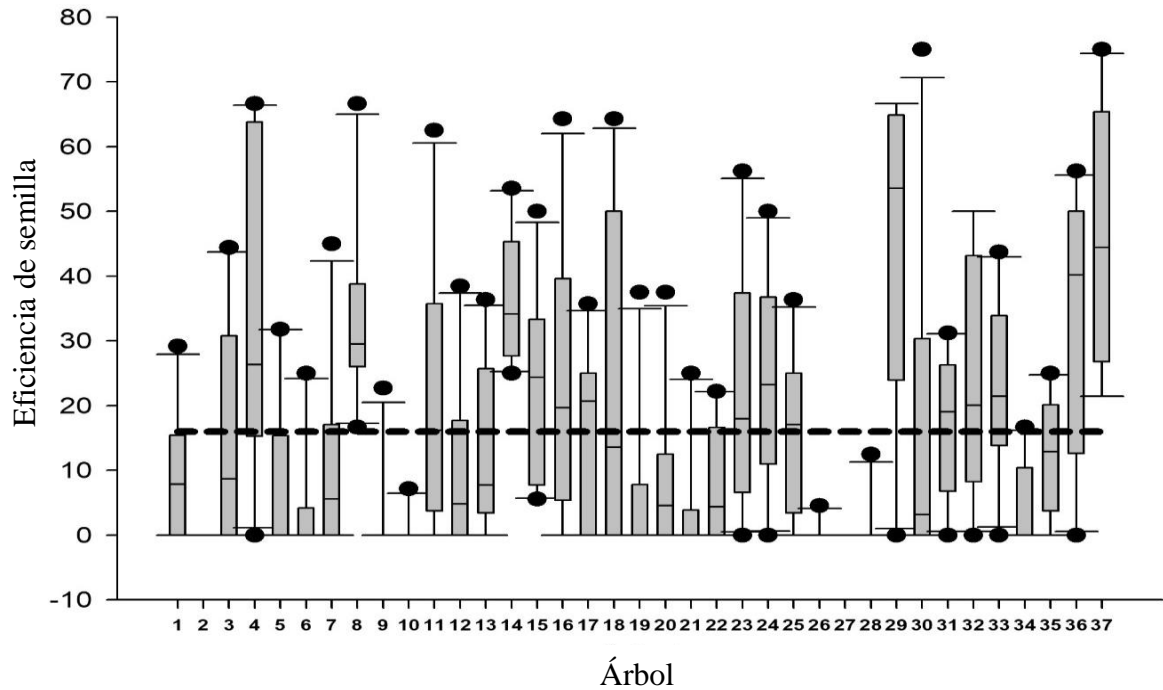
Apéndice 10. Variación de semillas dañadas por insectos, hongos y/o bacterias entre árboles de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey et Hawksw en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.



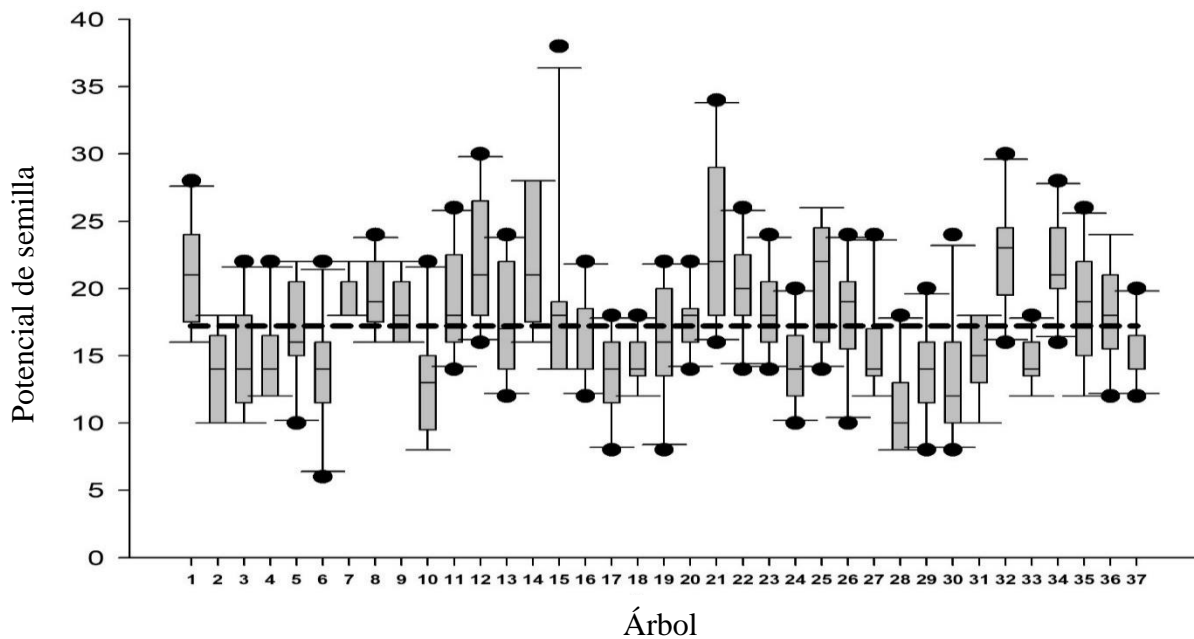
Apéndice 11. Variación de semillas desarrolladas entre árboles de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.



Apéndice 12. Variación de coeficiente de endogamia entre árboles de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.



Apéndice 13. Variación de eficiencia de semilla entre árboles de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.



Apéndice 14. Variación del potencial de semillas entre árboles de *Pinus remota* (Little) D. K. Bailey *et* Hawksw en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León. La línea discontinua corresponde a la media de 37 árboles.