

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Morfología De Semillas e Indicadores Reproductivos En
Pinus greggii Engelm. ex Parl. var. *greggii* Del Noreste De México

Por:

DELSON ROMEO GUIZAR PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Morfología De Semillas e Indicadores Reproductivos En
Pinus greggii Engelm. Ex Parl. var. *greggii* Del Noreste De México

Por

DELSON ROMEO GUIZAR PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo

Asesor Principal



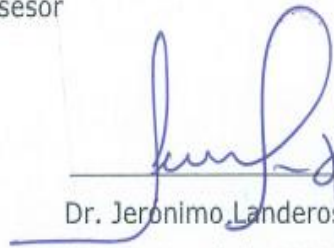
Dr. Celestino Flores López

Coasesor



Dr. Jorge Méndez González

Coasesor



Dr. Jeronimo Landeros Flores

Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2023

Declaración de no plagio

El autor, quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en 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 (auto plagio); 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 razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que 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



Delson Romeo Guizar Pérez

Firma y Nombre

El presente trabajo de tesis fue financiado y apoyado por el Proyecto de Investigación: Selección y colecta de germoplasma de árboles superiores de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* en México. IDCA 28782. Dicho proyecto fue aprobado dentro de la convocatoria para Fortalecimiento de Cuerpos Académicos 2018 de la Dirección General de Educación Superior Universitaria, de la Subsecretaría de Educación Superior, de la Secretaría de Educación Pública. Dicho proyecto fue ejecutado mediante convenio entre la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y el Cuerpo Académico Recursos Genéticos Forestales UAAAN-CA-37 mismo que lo integraron el Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo, el Dr. Celestino Flores López y el M.C. Salvador Valencia Manzo. Profesores-Investigadores del Departamento Forestal.

DEDICATORIA

Con mucho amor y cariño a mis padres:

Asunción Guizar López y María Yolanda Pérez Hernández, por darme la vida y por todos los sacrificios que hicieron para que yo cumpla esta meta, por darme la oportunidad de seguir adelante con mi educación, por siempre enseñarme el respeto y la honestidad y de nunca olvidarme de dónde vengo, pero sobre todo por darme su amor y cariño cada día de mi vida lejos de casa, LOS AMO queridos padres.

A mi hermana:

Mariela Jazmín Guizar Pérez, con mucho cariño, por ser un pilar importante en mi vida, por ser una guerrera en momentos difíciles y por siempre pasar momentos felices a su lado.

A mis abuelos:

En especial a mi abuelito **Mario Pérez Hernández**, que en paz descansa, quien fue mi motivación para salir adelante al recordar sus palabras de ilusión por llegar a esta meta, a mi abuelita **Blanca Hernández Albores**, quien me enseñó la importancia de la unión familiar y la superación personal, a mis abuelitos **Carmen Guizar Hernández y Asunción López García**, por darme sus consejos y cariño cada vez que regresaba a la universidad y por siempre apoyarme moralmente en este camino.

A mis tíos y tías:

Que siempre me apoyaban emocionalmente y me daban ánimos para terminar mis estudios y por motivarme a ser el primer sobrino con estudios de la familia.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por permitirme poder llegar hasta aquí y nunca abandonarme en los momentos más difíciles.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por abrirme las puertas para lograr esta meta y por permitirme conocer personas extraordinarias.

Al **Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo** por su empeño, paciencia, orientación, dedicación y profesionalismo para llevar a cabo este trabajo, pero en especial por los consejos, apoyo y confianza puesto en mí para ser una mejor persona.

Al **Dr. Celestino Flores López** por su tiempo y apoyo brindadas para este trabajo y por sus consejos para ser un buen profesionalista.

Al **Dr. Jorge Méndez González** por la revisión de este trabajo para la mejora del mismo.

Al **Departamento Forestal** y a los maestros, quienes se esfuerzan para compartir su sabiduría en el campo forestal, por enseñarme los valores y la ética profesional y aconsejarnos en cómo ser buenos profesionistas.

Al personal del Departamento de Servicios Forestales y de Suelo de la oficina de representación de la SEMARNAT Chiapas por aconsejarme y ayudarme con mi formación profesional durante las prácticas profesionales.

A mis amigos **Axel García, Ehécatl Hernández, Ramiro Dávalos, José Antonio Chávez** por su amistad y por compartir buenos momentos en todos estos años de estudio.

A todas esas personas que de una forma u otra forma me apoyaron cuando más lo necesitaba.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUCCIÓN ¹	1
1.1 Objetivo general	4
1.2 Objetivos específicos	4
1.3 Hipótesis.....	4
2 REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Variación natural	6
2.2 Reproducción en coníferas	7
2.3 Mejoramiento genético forestal	8
2.3.1 Rodales	9
2.3.2 Densidades.....	9
2.3.3 Polen	9
2.4 <i>Pinus greggii</i> Engelm.....	10
2.4.1 Importancia ecológica	11
2.4.2 Importancia económica	11
2.5 Indicadores reproductivos.....	11
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Descripción del área.....	16

3.2	Trabajo de laboratorio.....	19
3.3	Diseño experimental	21
3.4	Procesamiento de variables.....	21
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1	Valores medios de la morfología de semillas e indicadores reproductivos.....	23
4.2	Prueba de comparación de medias de Tukey	33
4.3	Análisis de Correlación	38
5	CONCLUSIONES.....	53
6	RECOMENDACIONES.....	55
7	REFERENCIAS	56
8	ANEXOS.....	67
8.1	Anexo 1. Programas del Statistical Analisys System versión 9.4.	67
8.2	Anexo 2. Resultado de análisis de varianza para las variables.	69

ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Ubicación geográfica de 10 poblaciones de <i>Pinus greggii</i> Engelm ex Parl. var. <i>greggii</i> del noreste de México.	16
Tabla 2. Valores medios, error estándar de la media y rangos para cinco variables morfológicas de semilla y tres indicadores reproductivos en 10 poblaciones de <i>Pinus greggii</i> Engelm. Ex var <i>greggii</i> del noreste de México.....	24
Tabla 3. Prueba de comparación de medias de Tukey y Duncan para cinco variables morfológicas de semilla y tres indicadores reproductivos en 10 poblaciones de <i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>greggii</i> del noreste de México.	34
Tabla 4. Valores de correlación de Pearson para las variables longitud de semilla: (Long) mm, ancho de semilla: (Anc) mm, espesor de semilla: (Esp) mm, peso de mil semillas: (Pemil) g, volumen de semilla: (Vol) mm ³ , peso seco del cono: (PSC) g, eficiencia reproductiva: (ER) mg g ⁻¹ e índice de endogamia: (IE), estimados en los tres grupos de poblaciones de <i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>greggii</i> del noreste de México.	39
Tabla 5. Densidad (ind ha ⁻¹) por agrupación de 10 poblaciones de <i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>greggii</i> del noreste de México. ..	52

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar cinco variables morfológicas de la semilla de *Pinus greggii* var. *greggii* proveniente de 10 poblaciones del noreste de México y asociar dicha morfología con tres indicadores reproductivos. Por cada población, las variables morfológicas y los indicadores reproductivos se determinaron de 10 conos, de cada uno de siete árboles seleccionados. Se hicieron análisis de varianza al $\alpha = 0.05$.

El análisis de varianza encontró diferencias altamente significativas entre poblaciones ($p < 0.01$) para las variables longitud de semilla, espesor de semilla, volumen de semilla, peso de mil semillas, peso seco del cono e índice de endogamia. Con base en un previo estudio, las 10 poblaciones se agruparon en tres grupos para el análisis de correlación. El análisis de correlación encontró buenas asociaciones entre la morfología de la semilla para el grupo de las poblaciones denominadas Las Orientales; en el grupo denominado Salarte se encontraron correlaciones positivas y altamente significativas entre el volumen de semilla con las variables morfológicas de la semilla; el grupo llamado Sureñas se caracterizó por tener una población con correlaciones positivas y altamente significativas a pesar de ser una población aislada. Se encontró que el peso seco del cono tuvo una correlación positiva y significativa con el volumen de la semilla, pero el volumen de la semilla se correlacionó de manera negativa y significativa con el índice de endogamia, por lo tanto, a mayor peso seco del cono, mayor fue el tamaño de la semilla y el índice de endogamia disminuye.

Palabras clave: Indicadores reproductivos, *Pinus greggii*, morfología de la semilla, eficiencia reproductiva, índice de endogamia.

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate five seed characteristics of *Pinus greggii* var. *greggii* from ten populations from the northeast of Mexico and to correlate seed characteristics with three reproductive indicators. All the seed characteristics and reproductive indicators were determined based on ten cones from seven selected trees from the 10 populations.

Analyses of variance were performed at $\alpha = 0.05$ to test the hypotheses. The analysis of variance found highly significant differences ($p < 0.01$) for seed longitude, seed thickness, seed volume, weight of a thousand seeds, weight of dry cone and endogamy index.

Based on a previous study, the ten populations were grouped in three groups for the correlation analysis. The correlation analysis found good correlations among the seed characteristics for the populations group called the Orientales; in the group named Salarte was found positive and highly significant correlations between seed volume and several seed characteristics; finally, the group entitled Sureñas was characterized by one of the populations with positive and highly significant correlations in spite of being an isolated population.

Cone pine dry weight had a positive and significant correlation with volume seed and volume seed had a negative and significant correlation with endogamy index, therefore a heavier dry cone pine had a higher volume seed value, then the endogamy index had lower values.

Key words: reproductive indicators, *Pinus greggii*, seed characteristics, seed reproductive efficiency, endogamy index

1 INTRODUCCIÓN ¹

México a nivel mundial representa el 14 % de la diversidad de coníferas, cuenta con un total de 95 especies distribuidas en todo el país, de las cuales son 10 géneros, 95 especies y 44 especies endémicas, enfocándonos específicamente en la familia Pinaceae cuenta con 4 géneros, 61 especies y 31 especies endémicas (Manzanilla-Quiñones *et al.*, 2018).

El bosque de pino se presenta en casi en todas las entidades federativas, su distribución coincide con los sistemas montañosos; en la Sierra Madre Oriental existen pinares más dispersos en función de menores altitudes y de la existencia de áreas de roca madre (Manzanilla-Quiñones *et al.*, 2018).

La distribución de bosque de pino en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, abarca los estados de Coahuila, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí y Tamaulipas. Actualmente, muchas áreas de bosque presentan algún tipo de fragmentación por el crecimiento de las poblaciones humanas, entre algunos otros factores, y la mayoría de estas especies son endémicas, por lo tanto, se ponen en riesgo (Sánchez, 2008).

El cambio del uso del suelo es una de las actividades que genera la fragmentación de los ecosistemas forestales en México y los bosques son los que se ven afectados por la actividad humana (Vargas, 2003). Las principales actividades que provocan la pérdida de los ecosistemas forestales son el sobrepastoreo, la tala clandestina, el uso de leña para combustible de uso personal o venta y las quemadas relacionadas con las

¹ Esta tesis sigue la guía de autores de la Revista Mexicana de Ciencias Forestales

actividades agrícolas y ganaderas en terrenos preferentemente forestales (Vargas, 2003).

Dentro de las coníferas, el género *Pinus* es uno de los más grandes e importantes, el cual conforma alrededor de 100 especies y numerosas variedades (Niembro, 1986). México es uno de los países con la mayor distribución de pinos, los cuales se encuentran distribuidos lo largo y ancho del país, aporta 46 especies (Sánchez, 2008).

La capacidad que posee el género *Pinus* en adaptación, variación, y distribución altitudinal es amplia. Por eso que desde el punto económico y silvícola es de gran importancia para el país, porque proporciona madera, celulosa para la elaboración de papel, fibras sintéticas, resinas, servicios ambientales, entre otros (Niembro, 1986)

Las poblaciones de *Pinus greggii* se encuentran aisladas y endémicas a lo largo de la Sierra Madre Oriental del Centro y Norte de México, en zonas semiáridas y a veces semitropicales, se localiza a una altitud de 1200 a 2700 msnm, generalmente, en un clima subtropical con precipitación variable de 500 a 2900 mm (Eguiluz, 1982).

Las poblaciones de la variedad *greggii* se encuentran bajo la influencia de una variación de temperatura y precipitación contrastante (Curiel-Ávila, 2005).

López y Donahue (1995) encontraron en un estudio de producción de semillas de *Pinus greggii* que para poblaciones naturales en México se cuenta con un potencial de semillas de 74 a 149 semillas por cono y con un promedio de 104 semillas por cono, este estudio se realizó en ambas variedades de esta especie (*var. greggii* y *australis*), que abarca el norte y sur del país. Alba *et al.* (2005) en un estudio de producción de semillas de *Pinus greggii* *var. australis* que se realizó en cosechas localizadas en el Carrizal Chico, Zacualpan, Ver., obtuvieron un potencial de semillas que va de 152 a 170 semillas por cono, lo que se traduce en un promedio de 161 semillas por cono.

La eficiencia de la semilla indica cuanta productividad puede encontrarse en el cono, para esto si se cuenta con una eficiencia de semilla menor al 35 % indica que hubo una gran pérdida de semilla; si se cuenta con porcentajes de 35 a 54 % se pierde potencial de semilla en una proporción media y si se obtienen porcentajes mayores a 55 % la producción es considerada como buena; de manera natural se puede obtener hasta un máximo de 80 % de la eficiencia aunque es difícil encontrar esta cantidad (Bramlett *et al.*, 1997).

La eficiencia reproductiva es la relación entre el peso de semillas llenas y el peso del cono, este indicador se traduce en el esfuerzo que un árbol utiliza para la producción de semillas y así asegurar la producción de plántulas y a su vez la regeneración (Mosseler *et al.*, 2000). Por ejemplo, Flores-López *et al.* (2005) en un estudio de indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez reportaron una eficiencia reproductiva de 23.6 mg g⁻¹.

Los datos morfológicos de: largo, ancho y peso de semilla pueden determinar la variación entre árboles y conos. Márquez (2007) en su estudio sobre la variación de conos y semillas de *Pinus pseudostrobus*, en Coacatzintla, Ver., el citado autor encontró que la variación entre el tamaño de la semilla, el ancho y el largo se encontraban en un rango de 5.5 a 7.0 mm. En un estudio sobre la variación de semilla de *Pinus greggii* Engelm., en Naolinco, Ver., se encontraron diferencias significativas para las variables de peso, largo y ancho de semilla con respecto a los árboles muestreados (Alba *et al.*, 2006).

Indicadores reproductivos como el índice de endogamia y la eficiencia reproductiva evalúan el estado reproductivo en que se encuentra una población, la eficiencia reproductiva es la relación entre el peso de semilla llena y el peso del cono, es decir que determina el potencial de árbol para producir semillas y asegurar la regeneración (Mosseler *et al.*, 2000).

El índice de endogamia es la proporción de semillas vanas entre semillas desarrolladas y es el resultado de las semillas abortadas, lo que indica el flujo genético (Mosseler *et al.*, 2000).

1.1 Objetivo general

1. Evaluar la relación entre la eficiencia reproductiva y el índice de endogamia con la morfología de la semilla de 10 poblaciones *Pinus greggii* var. *greggii*. del noreste de México.

1.2 Objetivos específicos

1. Evaluar las diferencias morfológicas de la semilla entre 10 poblaciones de *Pinus greggii* var. *greggii* del noreste de México.
2. Correlacionar la eficiencia reproductiva y el índice de endogamia con la morfología de la semilla de 10 poblaciones de *Pinus greggii* var. *greggii* del noreste de México.

1.3 Hipótesis

Ho: Las 10 poblaciones de *Pinus greggii* var. *greggii* del noreste de México son iguales con respecto a longitud de semilla, ancho de semilla, espesor de semilla, peso de mil semillas, peso seco del cono, eficiencia reproductiva, índice de endogamia y volumen de la semilla.

Ho: La correlación entre la longitud de semilla, ancho de semilla, espesor de semilla, peso de mil semillas, peso seco de cono, eficiencia reproductiva, índice de endogamia y volumen de semilla dentro de 10

poblaciones de *Pinus greggii* var. *greggii* del noreste de México es igual a 0.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Variación natural

La variación natural es la principal fuente de cambio evolutivo y el sustrato para la selección y adaptación de poblaciones a un entorno específico, las poblaciones naturales proporcionan modelos experimentales incomparables construidos a lo largo de miles de años, estas poblaciones contienen simultáneamente replicaciones de variantes segregantes codificadas en millones de loci cientos de alelos en cada locus, estos cambios naturales son ideales no solo para descubrir la causalidad genética, sino también para mejorar la comprensión mecanicista de las conexiones genotipo-fenotipo (Aceves-García *et al.*, 2016).

Lo anterior es indispensable para la selección natural, pero esta no establece una tasa o un patrón de cambio, en otras palabras, sin variación no puede haber selección, por lo tanto, no habrá evolución, ya que la variación en las poblaciones se genera de manera continua, la selección puede disponer de materia prima sobre la cual actuar (Sánchez-Rodríguez, 2005).

Dicha variación se puede analizar desde tres niveles jerárquicos de organización (especies, poblaciones, individuos) (Nienstaedt, 1988). El estudio sobre la variación natural responde, desde una manera de perspectiva de gestión forestal, a la necesidad de definir la arquitectura en genética de la variación natural de las especies, de manera que permita seleccionar aquellos individuos o poblaciones más adecuados

para su uso en repoblaciones artificiales o la selección de árboles padre para la regeneración natural del bosque, el análisis de la distribución entre poblaciones de la variación genética natural de una especie permite identificar regiones o áreas para la conservación de su acervo genético (Alías *et al.*, 2003).

2.2 Reproducción en coníferas

Reproductivamente, las coníferas producen conos masculinos y conos femeninos, en el mismo individuo (plantas monoicas) o menos comúnmente en individuos separados (plantas dioicas). Como en todas las plantas vasculares, la estructura reproductiva contiene hojas que llevan esporangios, estas estructuras se denominan estróbilos, que dan nombre al grupo de coníferas (Ferriol, 2021). Los conos masculinos son mucho más pequeños que los femeninos, en los cuales se forman los granos de polen que se liberan en la madurez (Guiote y Pausas, 2022).

Asimismo, en las coníferas, la reproducción asexual es muy poco frecuente, ocurre mediante la producción de retoños algunas especies rebrotan tras ser taladas o quemadas, ocupan rápidamente los claros de vegetación, algunos ejemplos son *Cunninghamia lanceolata* (Cupressaceae), *Pseudotsuga menziesii* (Pinaceae) o *Pinus canariensis* (Pinaceae) (Ferriol, 2021).

La polinización en las coníferas ocurre en la primavera y es anemófila, generalmente la producción de polen es enorme; se necesitan producir millones de granos de polen para que alguno alcance el primordio seminal, además, en muchas especies, los granos de polen poseen sacos aeríferos que les ayudan a dispersarse con el aire y también a flotar sobre la gota micropilar (Ferriol, 2021).

2.3 Mejoramiento genético forestal

El mejoramiento genético forestal consiste en el desarrollo de poblaciones (poblaciones mejoradas genéticamente) o individuos (individuos mejorados) que son genéticamente superiores, a partir de poblaciones amplias y diversas de especies forestales y su uso operacional como semillas, a partir de poblaciones de producción o clones mediante multiplicación agámica (Marcó, 2005). La base a partir de la cual se desarrollan los programas de mejoramiento genético, es la variación natural existente en los rasgos económicamente importantes de la mayoría de las especies forestales, esta variación es producto de las diferencias ambientales, las diferencias genéticas y las interacciones entre el ambiente y los genotipos (Moreno *et al.*, 1968; Zobel y Talbert, 1988).

De acuerdo con William *et al.* (1993) el mejoramiento genético se refiere a un listado de actividades que encaminan a la producción de árboles genéticamente mejorados, mediante un cruce controlado de individuos con características superiores, dentro del mejoramiento genético forestal se tiene que utilizar lo que existe y lo que se encuentra disponible de manera natural.

Por lo que, el objetivo del mejoramiento genético forestal es la producción de nuevos genotipos con buenas combinaciones de genes (Nienstaedt, 1988).

Para una característica en particular dentro del mejoramiento genético forestal a nivel de población de una especie, solo es posible si hay diferencias considerables entre los individuos y si una proporción de esa variación de debe a diferencias genéticas, si las diferencias existentes entre los individuos son pequeñas y/o su origen de estas es un factor ambiental y no genético, las pruebas por mejorar una característica genéticamente carece de sentido (Zobel y Talbert, 1988).

Los genetistas forestales trabajan con poblaciones silvestres, las cuales tienen una amplia variación que permite desarrollar programas de mejoramiento genético (Zobel y Talbert, 1988).

2.3.1 Rodales

El manejo de rodales semilleros constituyen una técnica intermedia en la mayoría de los programas de mejoramiento genético forestal que estas permiten obtener semillas mejoradas a largo plazo (Barrett, 1980). Las cualidades del germoplasma de los rodales permiten garantizar la calidad y cantidad necesaria para eliminar o minimizar la dependencia de material que sean de fuentes externas, este material debe ser utilizados en los programas de mejoramiento genético (Quijada, 1980).

2.3.2 Densidades

En las poblaciones de pequeños parches aislados se presenta el aumento de la auto- fertilización, el resultado de esta es la reducción del número de semillas llenas por cono y así como el vigor de las plántulas, por lo tanto, el éxito de la polinización y la fertilización en los árboles es muy dependiente de la densidad (Mosseler y Rajora, 1998). En las poblaciones pequeñas, la baja densidad de árboles y fragmentación del mismo obstaculiza el flujo genético entre las poblaciones (Mosseler *et al.*, 2000).

2.3.3 Polen

La polinización de forma controlada es el principal procedimiento utilizado en el mejoramiento genético forestal, su objetivo es

recombinar los árboles superiores para la obtención de progenies o descendientes y estas contengan los genes que se desean de cada uno de los dos progenitores (Moncur *et al.*, 1994; Harbard *et al.*, 1999).

Partes fundamentales para el desarrollo de técnicas de polinización, se fundamentan en el dominio de protocolos de colección, el almacenamiento y el análisis de polen (Badilla-Valverde *et al.*, 2023). Este procedimiento es primordial para maximizar la ganancia genética, desarrollar una siguiente generación que tenga mayor productividad y calidad para lograr un mayor control genético para la población (Pires *et al.*, 2011).

2.4 *Pinus greggii* Engelm.

Pinus greggii es endémica de México y se desarrolla en varios tipos de bosques de montaña, entre los principales tipos están de bosques mixtos con latifoliadas, bosques de pino-encino y bosques puros de pino (Farjon *et al.*, 1997).

Esta especie se distribuye en poblaciones aisladas a lo largo de la Sierra Madre Oriental del centro y norte de México, crece en zonas semiáridas con precipitaciones desde los 500 a 2900 mm, con altitudes entre los 1200 a 2700 msnm y en climas subtropicales (Eguiluz, 1982). Se conoce actualmente dos variedades: *P. greggii* var. *greggii* Engelm. Ex Parl. y *P. greggii* var. *australis*. (Donahue y López, 1999). La var. *greggii* crece en Coahuila y Nuevo León y la var. *australis* desde la Huasteca de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y muy escasamente en el norte de los estados de Veracruz y Puebla (Donahue y López 1999).

2.4.1 Importancia ecológica

Es una especie de gran importancia ecológica, ya que se asocia con *Quercus* y *Liquidámbar*, así como otros bosques de coníferas de alta importancia no solo ecológica sino también económicas (Perry, 1991). Además, La especie es uno de los componentes estructurales fundamentales para las comunidades en las que crece, porque esta forma parte del dosel dominante y en muchos de los casos es la única que representa el estrato arbóreo. Por lo tanto, en los ecosistemas forestales en el que se desarrolla, las diversas plantas herbáceas y arbustivas dependen del microambiente que genera esta especie de conífera (Ramírez- Herrera *et al.*, 2005).

2.4.2 Importancia económica

A nivel regional, *Pinus greggii* es una de las especies de mayor valor económico para las poblaciones humanas que se encuentran cerca de su área de distribución. Por lo que se aprovecha la madera para la industria de aserrío y localmente se obtienen postes para cercas y leña de combustible (Ramírez- Herrera *et al.*, 2005). Por otra parte, *Pinus greggii* muestra altas tasas de crecimiento en plantaciones nacionales e internacionales (López *et al.*, 1999). Estas características lo hacen importante en programas de reforestación para recuperar suelos degradados y plantaciones comerciales en sitios marginales donde no se adaptan otros árboles (López *et al.*, 1999).

2.5 Indicadores reproductivos

Los indicadores reproductivos en las poblaciones permiten evaluar el flujo o estado genético y monitorear la viabilidad de las poblaciones

pequeñas y aisladas (Mosseler y Rajora, 1998). Los indicadores reproductivos más utilizados son la eficiencia reproductiva y el índice de endogamia, los resultados obtenidos sirven para la evaluación de los aspectos reproductivos y genéticos de las poblaciones de coníferas en riesgo (Mosseler *et al.*, 2000).

Por otra parte, la calidad de la semilla es crucial para asegurar el éxito de una plantación, así como para obtener una alta supervivencia de las plántulas y aumentar la tasa de crecimiento en la rehabilitación y reforestación a gran escala (Bayarsaikhan y Nyam-Osor, 2013). Spurr y Barnes (1982) indican que las características de las semillas de una especie van a variar de manera significativa, en función de su hábitat. Así, estas diferencias responden a las condiciones ambientales de cada sitio y genéticas del taxón.

También cabe mencionar que una semilla grande resultará en una plántula más grande y con mayores probabilidades de sobrevivir que una pequeña (Miniño *et al.*, 2014). De acuerdo a lo anterior, según Leishman *et al.* (2000) la supervivencia de las plántulas está directamente relacionada con el tamaño de la semilla.

Con una deficiencia de nutrientes o de nitrógeno, una plántula de una semilla grande tiene más probabilidades de sobrevivir que una plántula de una semilla pequeña porque tiene más reservas en su embrión (Jurado y Westoby, 1992). Con relación a esto, Rodríguez *et al.* (2012) en un estudio de tamaño de cono y semilla en procedencias de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* establecidas en diferentes suelos de nueve poblaciones naturales de los estados de Coahuila y Nuevo León reportaron una media de longitud de semilla de 6.1 mm.

Al respecto, Morante *et al.* (2005) en su estudio de conos, semillas y plántulas de *Pinus greggii* Engelm. reportaron una media general de ancho de semilla de 3.35 mm. Igualmente, Ramírez (2000) en su trabajo de variación de semillas y plántulas de tres procedencias de

Pinus teocote Schl. & Cham. en Veracruz reportó una media de 2.48 mm en ancho de semilla, lo cual se cataloga como buena.

En un estudio de tamaño de conos y semillas en procedencias de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* Rodríguez *et al.* (2012) reportaron 2.1 mm de espesor de semilla, mientras que, Morales-Hernández *et al.* (2017) en un estudio de descripción macroscópica y germinación de semillas de *Pinus martinezii* Larsen. en la localidad de Los Azufres, Mich., reportaron un grosor de semilla de 2.66 mm. De acuerdo a Miniño *et al.* (2014) la semilla es controlada por el ambiente, la genética y su interacción, por lo que tiene variaciones en el tamaño de la semilla, el color y su forma.

El peso de mil semillas demuestra los caracteres importantes de la genética, porque indica cuánto los árboles están influenciados por factores externos como el clima local que ocurre y a las condiciones del sitio (Bayarsaikhan y Nyam-Osor, 2013).

Al respecto, en un estudio de características de semillas y conos de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) de diversas fuentes de semillas en el norte de Mongolia, Bayarsaikhan y Nyam-Osor (2013) reportaron una media del peso de mil semillas de 6.43 g. Por otra parte, Matziris (1998) en su estudio de variación genética en las características del cono y la semilla en un huerto semillero clonal de *Pinus halepensis* Mill. ubicado en Amphylochia al Oeste de Grecia; este autor reportó, en dos cosechas, una media general de 28.7 g de peso de mil semillas para dos años de colecta.

La variación en el peso de la semilla de diferentes progenitores femeninos de especies de las coníferas es el resultado de tres factores: el gametofito diploide del embrión, el genotipo haploide del megasporofito o endospermo y el efecto ambiental en el árbol madre durante el desarrollo (Clair y Adams, 1991).

Por otra parte, el análisis de los conos es una herramienta muy utilizada para poder conocer el estado reproductivo de las coníferas (López y Donahue, 1995). Cuando sucede una reducción en el tamaño del cono puede ser un resultado de una escasa polinización; en los pinos los conos son más grandes cuando ocurre una buena polinización (Bramlett *et al.* 1997).

De acuerdo a lo anterior, Baker (1972) indica que bajo condiciones deficientes de humedad se ha encontrado que el peso y el tamaño de los conos descienden, mientras que Velazco (2008) menciona que a mayor eficiencia de semilla el peso seco del cono incrementa por el mayor número de escamas del cono. La relación del peso de las semillas y el peso seco del cono, muestra información útil de la habilidad y éxito reproductivo (Bramlett *et al.*, 1977; Mosseler *et al.*, 2000).

Al respecto, López *et al.* (1993) en su estudio de variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii* de 11 localidades distribuidas desde el Estado de Puebla hasta el Estado de Coahuila, reportaron un peso seco de cono de 63.4 g.

La eficiencia reproductiva es una relación del peso de semillas llenas y el peso del cono, este indicador se traduce en el potencial que un árbol utiliza para la producción de semillas y asegurar la producción de plántulas y de la regeneración (Mosseler *et al.* 2000).

La eficiencia reproductiva se evalúa con base en las características asociadas con la producción de semillas de los árboles, como la proporción de óvulos abortados y la relación entre semillas llenas y vanas (Bramlett *et al.*, 1997; Mosseler *et al.*, 2000). Al respecto, Flores-López *et al.* (2005) en un estudio de indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez en Chihuahua, Coahuila y Nuevo León reportaron 23.7 mg g⁻¹ de eficiencia reproductiva, mientras que Gómez *et al.* (2010) en su trabajo de

variación en características reproductivas y germinación de semillas de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. en un huerto semillero en el Estado de México reportaron una media de 16 mg g⁻¹.

Por otro lado, un alto nivel de endogamia es producto de una autofecundación o del apareamiento entre parientes cercanos, lo que puede ser muy común en las poblaciones de tamaño reducidos y aisladas, lo que lleva a un incremento en la homocigosis, que provoca depresión en vigor originado por la presencia de alelos recesivos deletéreos (Charlesworth y Charlesworth, 1999).

Al respecto, Velazco (2008) en su trabajo de producción de semillas e indicadores reproductivos de *Pinus greggii* Engelm. en Arteaga, Coah., reportó un valor de 0.28 de índice de endogamia, en contraste, Flores-López *et al.* (2005) en su estudio de indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez reportaron un índice de endogamia de 0.73 a 0.84.

Los valores altos de índice de endogamia se catalogan como malos, ya que es la proporción de las semillas vanas respecto a las semillas desarrolladas, por lo cual se traduce como el aborto embrionario resultado de los efectos genéticos nocivos, esto debido al aumento de la homocigocidad (Mosseler *et al.* 2000).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área

Las semillas que se utilizaron provienen de conos colectados de siete árboles seleccionados dentro de 10 poblaciones localizadas en el noreste de México (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación geográfica de 10 poblaciones de *Pinus greggi* Engelm ex Parl. var. *greggii* del noreste de México.

Población	Municipio	Latitud Norte	Latitud Oeste
Puerto Conejo (Puecon)	Catarina N.L.	25° 28´ 59.70"	100° 34´ 50.25"
El Tejocote (Tejo)	Santiago N.L.	25° 26´ 35.19"	100° 29´ 51.16"
Cañón de los Lirios (Lir)	Arteaga, Coah.	25° 22´ 48.30"	100° 33´ 4.50"
Jamé (Jam)	Arteaga, Coah.	25° 20´ 55.78"	100° 35´ 27.20"
El Penitente (Pen)	Saltillo, Coah.	25° 20´ 4.94"	100° 54´ 46.10"
Sierra Hermosa (SH)	Arteaga, Coah.	25° 19´ 29.62"	100° 55´ 41.53"
Cuauhtémoc (Cua)	Saltillo, Coah.	25° 17´ 36.62"	100° 54´ 36.52"
Las Placetas (Plac)	Galeana N.L.	24° 55´ 3.07"	100° 12´ 53.16"
La Tapona (Tap)	Galeana N.L.	24° 43´ 58.86"	100° 6´ 53.27"
La Ascensión (Asc)	Aramberri N.L.	24° 16´ 59.80"	99° 57´ 33.10"

Las poblaciones están ordenadas en función de su ubicación latitudinal.

Las diez poblaciones de *Pinus greggii* var. *greggii*. se localizan en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental (INEGI, 2001) La subprovincia es la Gran Sierra Plegada (INEGI, 2001).

Las poblaciones: El Penitente, Sierra Hermosa, Puerto Conejo, El Tejocote, Jamé, Cuauhtémoc y Cañón de los Lirios se encuentran en la región hidrológica RH24 Bravo Conchos (INEGI, 2006). Mientras que las poblaciones: Las Placetas, La Tapona y La Ascensión se encuentran en la región hidrológica RH25 San Fernando-Soto La Marina (INEGI, 2006).

La geología presente en este estudio es la siguiente: para Puerto Conejo, El Tejocote y Cañón de Los Lirios se presentan rocas sedimentarias de caliza y lutita (CETENAL, 1976a). En cuanto la población de Las Placetas, además de caliza y lutita también se distribuye aluvi6n (DETENAL, 1978). En las poblaciones de Jamé y Sierra Hermosa se distribuyen lutitas y areniscas; en El Penitente se encuentran lutitas y para la poblaci6n de Cuauhtémoc se presentan rocas sedimentarias de caliza y lutita (CETENAL, 1976b) En La Tapona y La Ascensi6n se distribuyen rocas como caliza y aluvi6n (CETENAL, 1977d).

Los suelos presentes en las 6reas de estudio son las siguientes: para la poblaci6n de Puerto Conejo presenta suelos de casta6ozem h6plico, fluvial calc6rico, feozem cal6rico, regosol calc6rico, litosol, rendzina y feozem l6vico; para la poblaci6n de El Tejocote se conforman por feozem calc6rico, fluvisol calc6rico, luvisol cr6mico, litosol y rendzina; para el Ca6n6n de Los Lirios se presentan casta6ozem h6plico, feozem calc6rico y rendzina (CETENAL, 1977b); en Las Placetas ocurren suelos del tipo litosol, rendzina y regosol calc6rico (DETENAL, 1977a).

Para la poblaci6n de Jamé presenta suelos tipo luvisol cr6mico, regosol calc6rico, feozem calc6rico, fluvisol calc6rico, litosol y rendzina (CETENAL, 1977b). En la poblaci6n de El Penitente ocurren rendzinas

y litosoles; para la población de Sierra Hermosa ocurren suelos del tipo regosol eutrítico y feozem háplico; en el ejido Cuauhtémoc se presentan suelos del tipo litosol, rendzina y feozem calcárico (CETENAL, 1976b). Para la población de La Taponá se distribuyen suelos del tipo litosol y regosol eutrítico (CETENAL, 1977c). En La Ascensión se presentan suelos de tipo rendzina y litosol (DETENAL, 1977b).

El tipo de clima presente para las poblaciones de este estudio son: Las poblaciones de Puerto Conejo, El Tejocote y Jamé es un clima C(w1) del tipo templado, subhúmedo con una temperatura media anual de 12 y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C y con una temperatura del mes más caliente menor de 22 °C. Para las poblaciones de Los Lirios, Las Placetas y La Ascensión ocurre un clima de tipo BS1K (x') semiárido, templado, temperatura media anual entre 12 y 18 °C, temperatura del mes más frío oscila entre -3 y 18 °C, y una temperatura del mes más caliente menor de 22 °C. Para El Penitente, Sierra Hermosa y Cuauhtémoc se presenta un clima semiárido, templado, temperatura media anual entre 12 y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C. Para la Taponá se presenta un clima Bsok (x') de tipo árido, templado, temperatura entre 12 y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C (INEGI, 2008).

En la población de Puerto Conejo ocurren bosques de pino-encino, de pino, de pino-enebro, así como agricultura de temporal y cultivos permanentes de frutal leñoso (DETENAL, 1979b); en El Tejocote ocurren bosques de pino-encino y de pino, además de agricultura de temporal y agricultura de frutal leñoso; en Los Lirios se presentan bosque de pino y cultivos permanentes de frutal leñoso (DETENAL, 1979b). En Las Placetas ocurren bosque de pino-encino, chaparral y agricultura de temporal (CETENAL, 1977a); en el Ejido Jamé se presentan bosque de pino, y cultivos permanentes de frutal leñoso

(DETENAL, 1979b); en el caso de la población de El Penitente ocurre un matorral y bosque de pino; para el caso de Sierra Hermosa y Cuauhtémoc ocurren bosque de pino y chaparral (DETENAL, 1979a); para el caso de La Tapona se presenta una vegetación secundaria de bosque de pino (INEGI, 2008); por último, en La Ascensión ocurre bosque de pino y chaparral (DETENAL, 1979c).

3.2 Trabajo de laboratorio

La colecta de los conos se efectuó en diciembre de 2018, además en marzo y abril de 2019, para lo cual se utilizaron procedimientos estándares en su colecta y se mantuvo la identidad de cada árbol dentro de cada población. Del total de conos colectados, se eligieron, aleatoriamente, 10 conos de cada uno de los siete árboles seleccionados para cada una de las 10 poblaciones. La identificación de los lotes de los conos se hizo con base en la letra G y el número consecutivo asignado a cada árbol seleccionado. Los conos se sumergieron en agua durante 12 horas, después se secaron en un horno eléctrico Thermo SCIENTIFIC Heratherm OMH750 a una temperatura de 60 °C (140 ° Fahrenheit).

Posteriormente, los conos se golpearon en una superficie plana para extraer su semilla. Después, la semilla se desaló manualmente. Posteriormente, la semilla se flotó en un recipiente con alcohol de 71.5° G.L para la separación de semillas llenas de las semillas vanas. Finalmente, las semillas se guardaron en sobres tipo nómina número 6 y se mantuvo la identificación del cono y del árbol. Las bolsas se identificaron con una clave, por ejemplo: G70-10; lo que la G correspondió a la especie "*greggii*", el número consecutivo del 1-70 se refirió al número de árbol y los números consecutivos del 1-10 correspondieron al número del cono.

Las semillas se almacenaron en el laboratorio de Ingeniería Forestal, del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Posteriormente, se escogieron 10 semillas, aleatoriamente, de cada lote de semilla por árbol y por cono. Este lote de semillas se pesó con una báscula digital graduada en 100 gramos, marca Rhino. A cada una de las semillas de dicho lote se les midió el largo, el ancho y grosor con un vernier digital marca SURTEK graduado en milímetros.

La determinación del potencial y eficiencia de semillas se realizó de acuerdo con la metodología del manual de conos y semillas Bramlett *et al.* (1977) y Mosseler *et al.* (2000) donde se calcularon los siguientes indicadores de producción:

Potencial de semilla (PS) = 2 x total de escamas fértiles

Eficiencia de semilla (ES) = (total de semillas llenas / potencial de semillas) X 100

Total, de semillas desarrolladas (TS) = semillas llenas (SLL) + semillas vanas (SV) + semillas dañadas por insectos, hongos y bacterias (SDIHB) + semilla dañada por varios factores (SDVF)

Eficiencia reproductiva (ER) = Peso de semillas llenas (PSLL) mg/ Peso seco del cono (PSC) g

Índice de endogamia = Semilla vana (SV) / semilla desarrollada (SD)

Con base en la metodología elaborada por Cortés (2019) se agruparon las 10 poblaciones. Dichos grupos respondieron a variables de precipitación y temperatura, por lo que las poblaciones quedaron agrupadas de la siguiente forma: en el primer grupo se encuentran las poblaciones de Puerto Conejo, El Tejocote, Los Lirios y Las placetas, nombrado como Orientales, el segundo grupo está conformado por Jamé, El Penitente, Sierra Hermosa y Cuauhtémoc, nombrado como

Salarte y en el tercer grupo se encuentra La Tapona y La Ascensión, nombrado Sureñas.

3.3 Diseño experimental

Para la evaluación de las variables se usó el diseño completamente aleatorio, donde el modelo estadístico se definió como:

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en el j -ésimo árbol de la i -ésima población

μ = Media general

τ_i = Efecto de la población i .

ϵ_{ij} = Error aleatorio.

3.4 Procesamiento de variables

Se elaboró una base de datos con Excel de 7000 observaciones que incluyó los valores morfológicos de las semillas y reproductivos. El peso de mil semillas se estimó de acuerdo a la relación de las diez semillas por cono y su peso, esto para cada cono, en seguida se hizo un promedio de las diez semillas por cono de cada población. De acuerdo a la metodología por Cleva *et al.* (2013) el volumen de semilla se determinó con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{4\pi}{3} \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{A}{2} \cdot \frac{E}{2}$$

Donde:

V = Volumen de semilla (mm^3).

L = Longitud de semilla (mm).

A = Ancho de semilla (mm).

E = Espesor de semilla (mm).

Posteriormente, se analizaron las variables de volumen de semilla, longitud de semilla, ancho de semilla, espesor de semilla, peso de mil semillas, peso seco del cono, eficiencia reproductiva e índice de endogamia con el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.4. Se hizo la prueba de normalidad para todas las variables con el PROC UNIVARIATE NORMAL PLOT de SAS (Anexo 1). Todas las variables cumplieron con la normalidad, excepto por el peso seco del cono y el índice de endogamia, las cuales se transformaron en logaritmo natural para cumplir con el supuesto de normalidad.

Se utilizó el PROC VARCOMP para estimar los componentes de varianza, además del PROC ANOVA para la comparación de poblaciones, asimismo se empleó el PROC CORR para determinar el grado de asociación entre las variables (Anexo 1).

Cuando se encontraron diferencias entre las poblaciones, se hizo un análisis de comparación de medias de Tukey, al $\alpha = 0.05$, para todas las variables evaluadas excepto por el ancho de semilla (Anexo 1). Para el caso de la variable ancho de semilla se hizo una comparación de medias de Duncan al $\alpha = 0.05$ (Anexo 1).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Valores medios de la morfología de semillas e indicadores reproductivos

El valor medio general para longitud de semilla de las 10 poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. Ex var *greggii* encontrado en las 10 poblaciones del noreste de México fue de 6.45 mm con un rango de 5.88 a 7.17 mm.

En un estudio de conos, semillas y plántulas de *Pinus greggii* Engelm. de una población en Zacualpan, Ver. Morante *et al.* (2005) reportan una media general de 6.44 mm, valor que se aproxima más a este estudio, mientras que Alba *et al.* (2006) en un estudio de variación de semillas de *Pinus greggii* Engelm. en Naolinco, Ver., reportaron una media general de largo de semilla de 5.8722 mm y Rodríguez *et al.* (2012) en un estudio de tamaño de cono y semilla en procedencias de *Pinus greggii* Engelm var. *greggii* establecidas en diferentes suelos en nueve poblaciones naturales de los estados de Coahuila y Nuevo León reportaron una media general de 6.1 mm en longitud de semilla.

Por otra parte, Iglesias *et al.* (2012) en un estudio de variación morfométrica en dos poblaciones naturales de *Pinus hartwegii* Lindl. Ver., reportaron una longitud promedio de la semilla de 4.9 mm, mientras que Viveros-Viveros *et al.* (2013) en su estudio de variación altitudinal en características morfológicas de *Pinus patula* en Ixtlán de Juárez, Oax., reportaron una media general para 13 poblaciones de 5.2 mm, por último, Muños *et al.* (2023) en su estudio de variación morfológica de las semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. para tres

Tabla 2. Valores medios, error estándar de la media y rangos para cinco variables morfológicas de semilla y tres indicadores reproductivos en 10 poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. Ex var *greggii* del noreste de México.

Población	Longitud de semilla (mm)	Ancho de semilla (mm)	Espesor de semilla (mm)	Volumen de semilla (mm ³)	Peso de mil semillas (g)	Peso seco del cono (g)	Eficiencia Reproductiva (mg g ⁻¹)	Índice de Endogamia
Puerto Conejo	6.27 ± 0.06	2.92 ± 0.05	1.89 ± 0.03	18.12 ± 0.60	14.57 ± 0.45	57.91 ± 3.55	23.90 ± 0.91	0.16 ± 0.03
	(5.95-6.46)	(2.73-3.08)	(1.78-1.97)	(15.26-19.99)	(11.01-19.0)	(41.40-71.74)	(20.88-27.83)	(0.09-0.32)
Tejocote	6.32 ± 0.13	2.98 ± 0.03	1.86 ± 0.03	18.33 ± 0.56	15.01 ± 0.67	62.31 ± 2.99	16.42 ± 2.41	0.21 ± 0.03
	(5.90 -6.71)	(2.87 -3.08)	(1.78 -1.97)	(15.97 -20.14)	(6.01-20.02)	(51.55-71.10)	(3.65-22.49)	(0.09-0.34)
Lirios	6.21 ± 0.07	3.05 ± 0.06	1.93 ± 0.05	19.31 ± 0.93	14.91 ± 0.66	62.61 ± 5.51	15.23 ± 2.00	0.34 ± 0.04
	(5.99-6.50)	(2.87-3.32)	(1.74-2.11)	(16.78-22.67)	(7.01-20.00)	(44.08-90.22)	(4.74-20.43)	(0.16-0.46)
Jamé	5.88 ± 0.19	2.91 ± 0.07	1.85 ± 0.05	16.90 ± 1.39	13.43 ± 1.04	54.25 ± 4.75	16.16 ± 2.71	0.29 ± 0.04
	(5.28-6.52)	(2.73-3.19)	(1.71-2.02)	(13.90-21.73)	(7.00-25.02)	(41.60-79.82)	(6.36-27.35)	(0.14-0.39)
Penitente	6.31 ± 0.21	3.12 ± 0.10	1.99 ± 0.06	21.00 ± 2.10	16.81 ± 0.97	63.75 ± 6.11	17.80 ± 2.25	0.26 ± 0.06
	(5.67 - 7.45)	(2.79 - 3.56)	(1.82 - 2.34)	(16.04 - 32.62)	(7.01-29.03)	(41.49 -95.55)	(13.57-30.43)	(0.09-0.42)

n = 7 árboles.

Continuación Tabla 2.

Población	Longitud de semilla (mm)	Ancho de semilla (mm)	Espesor de semilla (mm)	Volumen de semilla (mm³)	Peso de mil semillas (g)	Peso seco del cono (g)	Eficiencia Reproductiva (mg g⁻¹)	Índice de Endogamia
Sierra Hermosa	7.17 ± 0.19	3.13 ± 0.03	1.94 ± 0.02	22.83 ± 0.57	18.21 ± 0.69	74.98 ± 4.57	17.83 ± 2.81	0.32 ± 0.07
	(6.52-7.75)	(3.00-3.21)	(1.89-2.01)	(20.51-24.90)	(10.01-28.00)	(54.47-90.99)	(8.95-32.56)	(0.14-0.65)
Cuauhtémoc	6.58 ± 0.13	3.14 ± 0.10	2.02 ± 0.05	22.08 ± 1.44	17.20 ± 0.80	71.54 ± 7.75	17.13 ± 1.88	0.24 ± 0.04
	(6.03-7.11)	(2.76-3.41)	(1.87-2.27)	(17.92-27.12)	(6.01-23.02)	(42.96-93.64)	(9.011-25.54)	(0.11-0.41)
Placetas	6.97 ± 0.20	3.14 ± 0.09	2.08 ± 0.05	24.19 ± 1.78	19.26 ± 0.95	91.57 ± 9.61	19.86 ± 2.27	0.13 ± 0.02
	(6.40-7.75)	(2.68-3.38)	(1.80-2.25)	(16.24-29.72)	(11.01-28.00)	(45.29-112.23)	(13.55-27.38)	(0.07-0.21)
Tapona	6.14 ± 0.24	2.85 ± 0.06	1.89 ± 0.05	17.61 ± 1.44	13.47 ± 0.91	58.04 ± 5.95	19.97 ± 1.55	0.19 ± 0.03
	(5.38-7.00)	(2.68-3.13)	(1.73-2.07)	(13.37-23.81)	(2.01-19.00)	(32.34-79.32)	(16.04-26.77)	(0.08-0.32)
Ascensión	6.68 ± 0.19	3.07 ± 0.05	2.07 ± 0.04	22.22 ± 0.93	17.15 ± 1.04	48.70 ± 1.79	13.20 ± 2.17	0.36 ± 0.07
	(6.11-7.51)	(2.88-3.26)	(1.88-2.17)	(18.00-25.99)	(2.01-25.02)	(41.86-55.24)	(8.14-21.20)	(0.17-0.64)
Media	6.45	3.03	1.95	20.26	16.02	64.57	17.75	0.25

n = 7 árboles.

gradientes altitudinales en San Juan Parangaricutiro, Mich., reportaron un valor medio de 5.54 mm de largo de semilla

Los valores medios más altos para longitud de semilla se encontraron en las poblaciones de Sierra Hermosa, Las Placetas, La Ascensión, Cuauhtémoc y El Tejocote, los valores correspondieron a 7.17, 6.97, 6.68, 6.58 y 6.32 mm (Tabla 2). Los valores más bajos para la longitud de semilla se encontraron en las poblaciones de El Penitente, Puerto Conejo, Los Lirios, La Taponá y Jamé, los cuales fueron 6.31, 6.27, 6.21, 6.14, 5.88 mm, respectivamente (Tabla 2). Al respecto, las poblaciones con semilla grande, tendrán plántulas más grandes y mayor probabilidad de sobrevivencia que una pequeña semilla (Miniño *et al.*, 2014).

Para el ancho de semilla de las 10 poblaciones, el valor medio general fue de 3.03 mm, con un rango de 2.85 a 3.14 mm. Ramírez (2000) en su trabajo de variación de semillas y plántulas de tres procedencias de *Pinus teocote* Schl. & Cham. en Veracruz reportó una media de 2.48 mm en ancho de semilla, igualmente Morante *et al.* (2005) en su estudio de conos, semillas y plántulas de *Pinus greggii* Engelm. reportaron una media general de 3.35 mm, similarmente Alba *et al.* (2006) en un estudio de variación de semillas de *Pinus greggii* Engelm. reportaron una media general para el ancho de semilla de 3.35 mm. Los valores en estas dos últimas referencias son más cercanos a lo encontrado en este estudio.

Por otra parte, Viveros-Viveros *et al.* (2013) en su estudio de variación altitudinal en características morfológicas de *Pinus patula* reportaron una media general de ancho de semilla para 13 poblaciones de 2.6 mm, mientras que Bayarsaikhan y Nyam-Osor (2013) en su estudio de características de semillas y conos de *Pinus sylvestris* L. de diversas fuentes de semillas en el norte de Mongolia reportaron 2.9 mm de media general. Estos valores son inferiores a lo encontrado en este estudio.

Los valores medios más altos para el ancho de semilla se encontraron en las poblaciones de Cuauhtémoc, Las Placetas, Sierra Hermosa, El Penitente y La Ascensión, mismos que fueron 3.14, 3.14, 3.13, 3.12 y 3.07 mm, en ese orden (Tabla 2). Por otra parte, los valores más bajos para el ancho de semilla se encontraron en las poblaciones de Los Lirios, El Tejocote, Puerto Conejo, Jamé y La Tapona, los que fueron 3.05, 2.98, 2.92, 2.91 y 2.85 mm, correspondientemente (Tabla 2).

El valor medio general para el espesor de semilla en las 10 poblaciones fue de 1.95 mm, con rango mínimo y máximo de 1.85 a 2.08 mm. Los valores medios más altos para el espesor de semilla se encontraron en las poblaciones de Las Placetas, La Ascensión, Cuauhtémoc, El Penitente, Sierra Hermosa y Los Lirios, 2.08, 2.07, 2.02, 1.99, 1.94 y 1.93 mm, correspondientemente (Tabla 2). Por otra parte, los valores más bajos para el espesor de semilla se encontraron en las poblaciones de Puerto Conejo, La Tapona, El Tejocote y Jamé, correspondieron a 1.89, 1.89, 1.86 y 1.85 mm, en ese orden (Tabla 2).

En su estudio de tamaño de conos y semillas en procedencias de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* Rodríguez *et al.* (2012) reportaron 2.1 mm de grueso de semilla, similarmente Iglesias *et al.* (2012) reportaron una media general de 2.30 mm de grosor en semillas de *Pinus hartwegii* Lindl. y Morales-Hernández *et al.* (2017) en un estudio de descripción macroscópica y germinación de semillas de *Pinus martinezii* Larsen. en la localidad de Los Azufres, Mich., reportaron un grosor de semilla de 2.66 mm.

El valor medio general para el espesor de semilla encontrado en este estudio es inferior a los reportados por los autores Rodríguez *et al.* (2012), Iglesias *et al.* (2012) y Morales-Hernández *et al.* (2017) la diferencia se puede deber al tipo de especies entre estudios. De acuerdo a Miniño *et al.* (2014) la semilla es controlada por el ambiente, la genética y su interacción, por lo que tiene variación en el tamaño, el color y su forma. Por otra parte, Juárez *et al.* (2006) mencionan que

las diferencias entre poblaciones se pueden deber a la fragmentación del hábitat, el tamaño reducido de las poblaciones y a la deriva genética lo cual pueden reducir el tamaño de las semillas.

El valor medio general para el volumen de semilla fue de 20.26 mm³, con un rango de 16.90 a 24.19 mm³. Los valores medios más altos para el volumen de semilla se encontraron en las poblaciones de Las Placetas, Sierra Hermosa, La Ascensión, Cuauhtémoc y El Penitente, las cuales fueron 24.19, 22.83, 22.22, 22.8 y 21.0 mm³, correspondientemente (Tabla 2).

Los valores más bajos para el volumen de semilla se encontraron en las poblaciones de Los Lirios, El Tejocote, Puerto Conejo, La Tapona y Jamé, estos valores fueron 19.31, 18.33, 18.12, 17.61 y 16.90 mm³, en ese orden (Tabla 2).

El valor medio general para el peso de mil semillas para las 10 poblaciones fue de 16.02 g, con una mínima y una máxima de 13.43 a 19.26 g. Existen pocos estudios con relación al peso de mil semillas para el género *Pinus*, en su estudio Matziris (1998) reportó una media general de 28.7 g para dos años de colecta, mientras que Bayarsaikhan y Nyam-Osor (2013) en un estudio de características de semillas y conos de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) de diversas fuentes de semillas en el norte de Mongolia reportaron una media del peso de mil semillas de 6.43 g. El peso de mil semillas demuestra los caracteres importantes de la genética, indica cuánto los árboles están influenciados por factores externos como el clima local que presenta y a las condiciones del sitio (Bayarsaikhan y Nyam-Osor, 2013).

Para el peso de mil semillas, los valores medios más altos se encontraron en las poblaciones de Las Placetas, Sierra Hermosa, Cuauhtémoc, La Ascensión y El Penitente, los cuales corresponden a 19.26, 18.21, 17.20, 17.15 y 16.81 g, en ese orden (Tabla 2). En comparación, los valores medios más bajos para el peso de mil semillas

se encontraron en las poblaciones de El Tejocote, Los Lirios, Puerto Conejo, La Tapona y Jamé, cuyos valores fueron 15.01, 14.91, 14.57, 13.47 y 13.47 g, correspondientemente (Tabla 2).

El valor medio general del peso seco del cono para las 10 poblaciones fue de 64.57 g con valores mínimos y máximos de 48.70 y 91.57 g. López *et al.* (1993) en su estudio de variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii* de 11 localidades distribuidas desde el Estado de Puebla hasta el Estado de Coahuila, reportaron un peso seco de 63.4 g valor que se aproxima más a este estudio, por otra parte, Velazco (2008) en un estudio de producción de semilla e indicadores reproductivos de *Pinus greggii* Engelm. en Arteaga, Coahuila, reportó un valor medio de 29.2 g.

En un estudio realizado por Pérez (2018) en su trabajo de producción, pérdida e indicadores de conos y semillas de *Pinus nelsonii* Shaw en el noreste de México reportó un valor medio de peso seco de 38.59 g, asimismo Aragón-Peralta *et al.* (2020) en un estudio de selección fenotípica y características reproductivas de *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* (Mirov) S.G. Harrison. en la sierra norte del estado de Oaxaca reportaron un valor medio de 97.9 g de peso seco, este valor es superior a los reportados en este estudio y Mendoza-Hernández *et al.* (2018) en su trabajo de variación de características reproductivas de árboles de *Pinus patula* en un huerto semillero sexual en Cuaunepantla, Hidalgo reportaron 29, 31 y 32 g de peso seco de cono en los años 2014, 2012 y 2013, correspondientemente (Tabla 2).

Por otra parte, Flores-López *et al.* (2012) en un estudio de producción de semillas e indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea martinezii* t. f. Patterson en los municipios de Aramberri, Montemorelos y Zaragoza, Nuevo León reportaron 22.77 g de peso seco de cono. Los valores medios de peso seco de cono reportados en estos estudios son inferiores a lo que se encontró en este trabajo, porque algunas son diferentes especies.

Los valores medios más altos para el peso seco del cono se encontraron en las poblaciones de Las Placetas, Sierra Hermosa, Cuauhtémoc, El Penitente y Los Lirios, las cuales son 91.57, 74.98, 71.54, 63.75 y 61.61 g, en ese orden (Tabla 2). Por otra parte, los valores medios más bajos para el peso seco del cono se encontraron en las poblaciones de El Tejocote, La Taponá, Puerto Conejo, Jamé y La Ascensión, los cuales fueron 62.31, 58.04, 57.91, 54.25 y 48.70 g, correspondientemente (Tabla 2).

El valor medio general para la eficiencia reproductiva de las 10 poblaciones fue de 17.75 mg g⁻¹ con un rango de 13.20 a 23.90 mg g⁻¹ (Tabla 2). Morales-Velázquez *et al.* (2010) en un estudio de indicadores reproductivos de *Pinus leiophylla* Schltdl. et Cham. en la cuenca del Río Ángulo, Michoacán, reportaron una eficiencia reproductiva media de 2.49 mg g⁻¹. La diferencia aquí pueden ser consecuencia del tamaño del cono y el tamaño de semillas llenas de la especie antes citada.

Igualmente, Aragón-Peralta *et al.* (2020) en un estudio de selección fenotípica y características reproductivas de *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* (Mirov) S.G. Harrison., en la sierra norte del estado de Oaxaca, reportaron 13 mg g⁻¹ de eficiencia reproductiva y Gómez *et al.* (2010) en su trabajo de variación en características reproductivas y germinación de semillas de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. en un huerto semillero en el Estado de México reportaron una media de 16 mg g⁻¹.

Por otra parte, Flores-López *et al.* (2005) en un estudio de indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez en Chihuahua, Coahuila y Nuevo León reportaron 23.7 mg g⁻¹ de eficiencia reproductiva, valor que se aproximan a este estudio y Mápula-Larreta *et al.* (2007) en su trabajo de indicadores reproductivos en poblaciones de naturales de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en México, determinaron una eficiencia reproductiva de 29.6 mg g⁻¹.

Los valores medios más altos para la eficiencia reproductiva se encontraron en las poblaciones de Puerto Conejo, La Tapona, Las Placetas, Sierra Hermosa y El Penitente, 23.90, 19.97, 19.86, 17.83 y 17.80 mg g⁻¹, en ese orden (Tabla 2). Los valores más bajos para la eficiencia de semilla se encontraron en las poblaciones de Cuauhtémoc, El Tejocote, Jamé, Los Lirios y La Ascensión, 17.13, 16.42, 16.16, 15.23 y 13.20 mg g⁻¹, correspondientemente (Tabla 2).

Estos valores medios más altos de eficiencia reproductiva encontrados en este estudio se encuentran dentro de los rangos reportados por Flores-López *et al.* (2005) y Mápula-Larreta *et al.* (2007). Por otra parte, los valores medios más altos de eficiencia reproductiva fueron superiores a los encontrados por Gómez *et al.* (2010), Morales-Velázquez *et al.* (2010) y Aragón-peralta *et al.* (2020). Estas diferencias que se observan pueden ser causa de que las poblaciones de pequeños tamaños tienen bajas densidades dentro de la población y hay gran fragmentación que pueden dificultar la dispersión y el flujo de genes entre las poblaciones (Mosseler *et al.*, 2000).

Los valores medios más bajos para la eficiencia reproductiva, en este estudio, se encuentran dentro del rango reportados por Gómez *et al.* (2010) y Aragón-Peralta *et al.* (2020). Sin embargo, los valores reportados en este estudio fueron mayores a los encontrados por Morales-Velázquez *et al.* (2010) quienes reportan uno de los valores más bajos de eficiencia reproductiva.

El valor medio del índice de endogamia para las 10 poblaciones fue de 0.25 con un rango de 0.13 a 0.36. Estos valores son bajos comparados que los reportados por Flores-López *et al.* (2005), ya que en su estudio reportaron un índice de endogamia de 0.73 a 0.80, asimismo López (2005) en su trabajo reportó un valor de 0.54, igualmente, Hernández (2006) en su trabajo reportó valores de 0.42 de endogamia, similarmente Villa (2010) en un estudio reportó un índice de endogamia de 0.42, Gómez *et al.* (2010) en su trabajo reportaron 0.50

de índice de endogamia y Flores-López *et al.* (2012) en un estudio reportaron un valor de 0.75 en promedio de índice de endogamia.

Los valores antes mencionados de índice de endogamia en comparación a lo encontrado en este trabajo, posiblemente, al hecho de que algunas de las poblaciones son pequeñas, aisladas y con baja densidad arbórea, lo cual dificulta la dispersión y salida de genes entre poblaciones, así como también otras posibles causas no genéticas para el desarrollo de semillas incluyen efectos climáticos desfavorables y depresión de insectos dentro de la semilla en desarrollo (Mosseler *et al.*, 2000).

El valor medio de índice de endogamia encontrado en este estudio se acerca al de Velazco (2008) que reportó en su trabajo un valor de 0.28 de índice de endogamia y al de Pérez (2018) en su estudio encontró un índice de endogamia promedio de 0.27, estos dos valores fueron los más cercanos al valor medio encontrado en este estudio.

Los valores medios más altos del índice de endogamia en las poblaciones estudiadas se encontraron en La Ascensión, Los Lirios, Sierra Hermosa, Jamé y Penitente, 0.36, 0.34, 0.32, 0.29 y 0.26, correspondientemente (Tabla 2). Por otra parte, los valores medios más bajos del índice de endogamia se encontraron en las poblaciones de Cuauhtémoc, El Tejocote, La Taponá, Puerto Conejo y Las Placetas, 0.24, 0.21, 0.19, 0.16 y 0.13, correspondientemente (Tabla 2).

Estas diferencias que se presentan pueden ser que las poblaciones son pequeñas y aisladas (Mosseler *et al.*, 2000). Posiblemente, las diferencias que se encuentran en este estudio son por causa de una autopolinización debido a que en algunas poblaciones se presenta muy poca densidad del arbolado (Flores-López *et al.*, 2012).

4.2 Prueba de comparación de medias de Tukey

El análisis de varianza ANOVA realizado ($\alpha=0.05$) encontró diferencias entre las poblaciones para las cinco variables morfológicas y dos indicadores reproductivos (Anexo 2). Las diferencias fueron altamente significativas para todas las cinco variables morfológicas tales como longitud de semilla, espesor de semilla, peso de mil semillas y el volumen de semilla ($p = 0.0001, 0.0021, 0.0018$ y 0.0007 , en ese orden). Las diferencias fueron altamente significativas para dos de los tres indicadores reproductivos como peso seco del cono e índice de endogamia ($p = 0.0008$ y 0.0019 , correspondientemente).

La prueba de comparación de medias de Tukey, encontró, para la longitud de semilla, diferencias entre la población de Sierra Hermosa con las poblaciones de El Tejocote, El Penitente, Puerto conejo, Los Lirios, La Tapona y Jame, correspondientemente (Tabla 3). El espesor de semilla encontró diferencias para la población de Las Placetas y las poblaciones de El Tejocote y Jamé.

La citada prueba hecha para el volumen de semilla encontró diferencia entre la población de Sierra Hermosa y las de Puerto Conejo, La Tapona y Jamé. También para el peso de mil semillas hubo una diferencia para la población de las Placetas y las poblaciones de La Tapona y Jamé (Tabla 3).

Asimismo, en el peso seco del cono encontró diferencias para la población de Las Placetas y las poblaciones de La Ascensión, Puerto Conejo, La Tapona y Jamé. Por otra parte, la eficiencia reproductiva demostró diferencias para la población de Puerto Conejo y la Ascensión.

Tabla 3. Prueba de comparación de medias de Tukey y Duncan para cinco variables morfológicas de semilla y tres indicadores reproductivos en 10 poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var *greggii* del noreste de México.

Variable	Población	Media	Agrupación Tukey		
Longitud de semilla (mm)	SH	7.1723	A		
	Plac	6.9710	A	B	
	Asc	6.6774	A	B	C
	Cua	6.5828	A	B	C
	Tejo	6.3158		B	C
	Pen	6.3148		B	C
	Puecon	6.2738		B	C
	Lir	6.2138		B	C
	Tap	6.1405			C
	Jam	5.8836			C
Espesor de semilla (mm)	Plac	2.0842	A		
	Asc	2.0653	A	B	
	Cua	2.0199	A	B	
	Pen	1.9939	A	B	
	SH	1.9371	A	B	
	Lir	1.9309	A	B	
	Tap	1.8939	A	B	
	Puecon	1.8858	A	B	
	Tejo	1.8552		B	
	Jam	1.8524		B	
Volumen de semilla (mm ³)	Pla	24.186	A		
	SH	22.828	A	B	
	Asc	22.224	A	B	
	Cua	22.081	A	B	
	Pen	21.000	A	B	
	Lir	19.311	A	B	
	Tejo	18.332	A	B	
	Pue	18.128		B	
	Tap	17.614		B	
	Jam	16.904		B	

Continuación Tabla 3.

Variable	Población	Media	Agrupación Tukey		
Peso de mil semillas llenas (g)	Plac	19.201	A		
	SH	18.200	A	B	
	Cua	17.702	A	B	
	Asc	17.410	A	B	
	Pen	16.800	A	B	
	Lir	15.101	A	B	
	Tejo	15.010	A	B	
	Puecon	14.600	A	B	
	Tap	13.900		B	
	Jam	13.600		B	
Peso seco del cono (g)	Plac	87.6718	A		
	SH	74.0840	A	B	
	Cua	68.8273	A	B	C
	Pen	62.1096	A	B	C
	Tejo	61.8616	A	B	C
	Lir	61.2522	A	B	C
	Puecon	57.2141		B	C
	Tap	55.9971		B	C
	Jam	53.1650		B	C
	Asc	48.5018			C
Eficiencia reproductiva (mg g ⁻¹)	Puecon	23.900	A		
	Tap	19.973	A	B	
	Plac	19.861	A	B	
	SH	17.827	A	B	
	Pen	17.799	A	B	
	Cua	17.131	A	B	
	Tejo	16.416	A	B	
	Jam	16.156	A	B	
	Lir	15.228	A	B	
	Asc	13.199		B	

Continuación Tabla 3.

Variable	Población	Media	Agrupación Tukey	
Índice de Endogamia	Lir	0.3182	A	
	Asc	0.3166	A	
	SH	0.2820	A	
	Jam	0.2752	A	B
	Pen	0.2209	A	B
	Cua	0.2173	A	B
	Tejo	0.1949	A	B
	Tap	0.1724	A	B
	Puecon	0.1429	A	B
Plac	0.1193		B	
Agrupación Duncan				
Ancho de semilla (mm)	Cua	3.1397	A	
	Pla	3.1390	A	
	SH	3.1281	A	
	Pen	3.1236	A	
	Asc	3.0689	A	
	Lir	3.0516	A	B
	Tejo	2.9753	A	B
	Puecon	2.9180	A	B
	Jam	2.9100	A	B
Tap	2.8454		B	

Puecon: Puerto Conejo; Tejo: El Tejocote; Lir: Cañón de los Lirios; Jam: Jamé; Pen: El Penitente; SH: Sierra Hermosa; Cua: Cuauhtémoc; Plac: Las Placetas; Tap: La Taponá; Asc: La Ascensión. ($\alpha \leq 0.05$).

El índice de endogamia demostró diferencias para las poblaciones de Los Lirios, la Ascensión y Sierra Hermosa con la población de Las Placetas, las diferencias aquí se pueden atribuir a que hay poblaciones fragmentadas y con poca densidad, por lo tanto, el índice de endogamia aumenta (Aguirre, 2019).

El valor de índice de endogamia más alto se encuentra en las poblaciones más pequeñas y algunas aisladas (Mosseler *et al.*, 2000). Por lo tanto, esto posiblemente influyo a lo encontrado donde las poblaciones pequeñas y reducidas tienen problemas como es el flujo de polen Bramlett *et al.* (1977).

Respecto a lo anterior, las diferencias entre las poblaciones pueden ser causa de que se presentan problemas de endogamia por la autopolinización y el apareamiento entre los árboles cercanamente relacionados entre sí (Honnay y Jacquemyn, 2007).

Por otra parte, la prueba de comparación de medias de Duncan hecha para el ancho de semilla demostró diferencias en las poblaciones de Cuauhtémoc, Las Placetas, Sierra Hermosa, El Penitente y La Ascensión con la población de la Taponá (Tabla 3).

Las diferencias entre las variables dentro de las poblaciones probablemente se deben a que están influenciadas por variables climáticas, Cortés (2019) en su estudio de selección de árboles de *Pinus greggii* Engelm. en diez poblaciones naturales del Noreste de México, encontró, que las poblaciones evaluadas en dicho estudio se relacionan con una serie de variables climáticas, esto puede influir en las diferencias de la semilla entre población para este estudio ya que algunas poblaciones se encuentran más alejadas y tienen mayor o menor comportamiento en las temperaturas y las precipitaciones.

López *et al.* (1993) en su estudio de variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii* mencionan que donde se presentan sitios más fríos, secos y de suelos básico-neutro hacia el norte, el tamaño de cono incrementa, el número de óvulos totales, las semillas vanas y semillas abortivas disminuye, por lo tanto, la longitud y el peso de semilla aumenta.

Por otra parte, a pesar de tener condiciones ambientales adecuadas, las variables estudiadas entre las poblaciones también pueden estar influenciadas por el aislamiento que tienen las poblaciones y la poca densidad arbórea, Aguirre (2019) en su estudio de indicadores reproductivos de *Pinus greggii* para diez poblaciones naturales en el noreste de México encontró que la presencia de poca densidad arbórea disminuye el tamaño del cono, por consecuencia, el tamaño de semilla

es más pequeña y el índice de endogamia aumenta, lo anterior es similar a este estudio, ya que las diferencias entre poblaciones se deben probablemente a que hay fragmentación y aislamiento para algunas poblaciones.

4.3 Análisis de Correlación

El análisis del coeficiente de correlación de Pearson entre los indicadores reproductivos para el grupo de las Orientales (Puerto Conejo, El Tejocote, Los Lirios y Las Placetas) encontró, en la población de Puerto Conejo, una alta asociación ($r = 0.9739$) y altamente significativa ($p = 0.0002$) entre el peso de mil semillas con el volumen de semilla.

Similarmente, el volumen de semilla presentó una alta asociación con el espesor de semilla y el ancho de semilla ($r = 0.8494$ y 0.8461 , respectivamente) dicha asociación fue solo significativa ($p = 0.0156$ y 0.0164 , en ese orden) y una asociación intermedia con el peso seco del cono ($r = 0.7844$) y significativa ($p = 0.0368$). Igualmente, el volumen de semilla presentó una asociación intermedia con la eficiencia reproductiva ($r = -0.7699$) misma que fue solo significativa ($p = 0.0429$).

Para la población de Puerto Conejo, el peso de mil semillas tuvo una asociación alta con el espesor de semilla y ancho de semilla ($r = 0.8547$ y 0.8184 , correspondientemente) y dicha asociación solo fue significativa ($p = 0.0143$ y 0.0244 , en ese orden) (Tabla 4).

De igual manera, el peso seco del cono presentó una asociación alta con el peso de mil semillas ($r = 0.8619$) misma que fue significativa ($p = 0.0126$) y una asociación intermedia con la longitud de semilla ($r = 0.7896$) dicha correlación fue significativa ($p = 0.0347$) (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de correlación de Pearson para las variables longitud de semilla: (Long) mm, ancho de semilla: (Anc) mm, espesor de semilla: (Esp) mm, peso de mil semillas: (Pemil) g, volumen de semilla: (Vol) mm³, peso seco del cono: (PSC) g, eficiencia reproductiva: (ER) mg g⁻¹ e índice de endogamia: (IE), estimados en los tres grupos de poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* del noreste de México.

Grupos	Población	Variables	Long	Anc	Esp	Pemil	PSC	ER	IE	Vol
Orientales	Puerto Conejo	Long								
		Anc								
		Esp								
		Pemil		0.8184*	0.8547*					
		PSC	0.7896*			0.8619*				
		ER			-0.8575*	-0.7829*				
		IE								
Vol		0.8461*	0.8494*	0.9739**	0.7844*	-0.7699*				
	El Tejocote	Long								
		Anc								
		Esp								
		Pemil	0.8914**							
		PSC								
		ER						0.8578*		
		IE								
Vol					0.8337*					

* $\alpha \leq 0.05$, ** $\alpha < 0.01$

Continuación Tabla 4.

Grupos	Población	Variables	Long	Anc	Esp	Pemil	PSC	ER	IE	Vol
Orientales	Los Lirios	Long								
		Anc								
		Esp								
		pemil		0.7969*	0.9265**					
		PSC								
		ER								
		IE				-0.8076*		-0.8996**		
		Vol		0.9021**	0.8826**	0.9675**				
Las Placetas		Long								
		Anc								
		Esp			0.9341**					
		Pemil	0.7803*	0.9203**	0.9585**					
		PSC		0.9323**	0.8869**	0.8405*				
		ER								
		IE			-0.8515*					
		Vol	0.8869**	0.9592**	0.9121**	0.9611**	0.8660*		-0.8137*	

* $\alpha \leq 0.05$, ** $\alpha < 0.01$

Continuación Tabla 4.

Grupos	Población	Variables	Long	Anc	Esp	Pemil	PSC	ER	IE	Vol
Salarte	Sierra Hermosa	Long								
		Anc								
		Esp								
		Pemil								
		PSC								
		ER								
		IE								-0.8388*
Vol		0.8183*				0.7649*				
El Penitente		Long								
		Anc		0.7752*						
		Esp		0.8998**	0.9351*					
		Pemil		0.8499*	0.9646**	0.9552**				
		PSC			0.8917**	0.8799**	0.7957*			
		ER								
		IE								
Vol		0.9431**	0.9275**	0.9879**	0.9523**	0.8627*				
Cuauhtémoc		Long								
		Anc								
		Esp			0.7759*					
		Pemil			0.9878**	0.8067*				
		PSC			0.9403**	0.8750**	0.9309**			
		ER			0.7976*			0.7856*		
		IE								-0.7750*
Vol			0.9428**	0.8641*	0.9653**	0.9021**				

* $\alpha \leq 0.05$, ** $\alpha < 0.01$

Continuación Tabla 4.

Grupos	Población	Variables	Long	Anc	Esp	Pemil	PSC	ER	IE	Vol
Salarte	Jamé	Long								
		Anc	0.8939**							
		Esp	0.8157*	0.8959**						
		Pemil	0.9493**	0.8931**	0.9129**					
		PSC	0.7614*							
		ER	0.7919*				0.8374*			
		IE	-0.8481*			-0.7767*	-0.8473*			
Vol	0.9549**	0.9749**	0.9326**	0.9591**			0.7569*	-0.7930*		
Sureñas	Las Ascensión	Long								
		Anc								
		Esp								
		Pemil								
		PSC								
		ER						0.8675*		
		IE							-0.7934*	
Vol					0.9493**					
La Tapona	La Tapona	Long								
		Anc	0.8984**							
		Esp		0.8639*						
		Pemil	0.9309**	0.9419**	0.8889**					
		PSC								
		ER		0.9119**	0.9368**	0.8612*				
		IE	-0.7705*					-0.8604*		
Vol	0.9444**	0.9797**	0.8966**	0.9796**			0.8809**			

* $\alpha \leq 0.05$, ** $\alpha < 0.01$

En esta misma población, la eficiencia reproductiva presentó una alta correlación con el espesor de semilla ($r = -0.8575$) dicha asociación fue significativa ($p = 0.0136$), también tuvo una correlación intermedia con el peso de mil semillas ($r = -0.7829$) dicha correlación fue significativa ($p = 0.0374$) (Tabla 4).

Para este mismo grupo, la correlación de Pearson encontró, en la población de El Tejocote, una alta asociación entre el peso de mil semillas y la longitud del cono ($r = 0.8914$) misma que fue altamente significativa ($p = 0.007$) (Tabla 4). Similarmente, la eficiencia reproductiva arrojó una correlación alta con el peso seco del cono ($r = 0.8578$) la cual fue significativa ($p = 0.0135$) y también se presentó una alta asociación entre el volumen de semilla con el peso de mil semillas ($r = 0.8337$) misma que fue significativa ($p = 0.0198$) (Tabla 4).

Por otra parte, la población de Los Lirios arrojó una alta correlación entre el volumen de semilla con el peso de mil semillas, el ancho de semilla y el espesor de semilla ($r = 0.9675$, 0.9021 y 0.8826 , respectivamente) mismas que fueron altamente significativas ($p = 0.0004$, 0.0055 y 0.0085 , en ese orden) (Tabla 4).

Similarmente, el índice de endogamia se correlacionó altamente con el peso seco del cono ($r = -0.8996$) la cual fue altamente significativa ($p = 0.0058$) de igual manera arrojó una alta correlación con el espesor de semilla ($r = -0.8076$) misma que fue significativa ($p = 0.028$) (Tabla 4).

En el peso de mil semillas tuvo una alta correlación con el espesor de semillas ($r = 0.9265$) dicha correlación fue altamente significativa ($p = 0.0027$) y una asociación intermedia con el ancho de semilla ($r = 0.7969$) dicha asociación fue significativa ($p = 0.0319$) (Tabla 4).

Para la población de Las Placetas, el volumen de semilla tuvo una alta interrelación con el peso de mil semillas, el ancho de semilla, el espesor

de semilla y la longitud de semilla ($r = 0.9611, 0.9592, 0.9121$ y 0.8869 , respectivamente) y fueron altamente significativa ($p = 0.0006, 0.0006, 0.0042$ y 0.0078 , en ese orden) (Tabla 4). También el volumen de semilla presentó una alta correlación con el peso seco del cono ($r = 0.8660$) la cual fue significativa ($p = 0.0117$) y con el índice de endogamia ($r = -0.8137$) misma que fue significativa ($p = 0.026$) (Tabla 4).

El peso seco del cono demostró una alta correlación con el ancho de semilla y el espesor de semilla ($r = 0.9323$ y 0.8869 , correspondientemente) la cual fue altamente significativa ($p = 0.0022$ y 0.0078 , en ese orden) (Tabla 4). También hubo una alta correlación con el peso de mil semillas ($r = 0.8405$) la cual fue significativa ($p = 0.0179$). Para esta misma población, el peso de mil semillas encontró una alta interrelación con el espesor de semilla y el ancho de semilla ($r = 0.9585$ y 0.9203 , respectivamente) la cual fue altamente significativa ($p = 0.0007$ y 0.0033 , en ese orden) y una asociación intermedia con la longitud de semilla ($r = 0.7803$) misma que fue significativa ($p = 0.0385$) (Tabla 4).

Igualmente, el espesor de semilla se correlacionó altamente con el ancho de semilla ($r = 0.9341$) dicha correlación fue altamente significativa ($p = 0.0021$) (Tabla 4). El índice de endogamia demostró una asociación alta y negativa con el ancho de semilla ($r = -0.8515$) misma que fue significativa ($p = 0.015$) (Tabla 4).

El análisis del coeficiente de correlación de Pearson entre los indicadores reproductivos para el grupo denominado Salarte (Sierra Hermosa, El Penitente, Cuauhtémoc y Jamé) encontró, en la población de Sierra Hermosa, una alta asociación ($r = -0.8388$) y esta fue significativa ($p = 0.0183$) entre el índice de endogamia con la eficiencia reproductiva (Tabla 4).

El volumen de semilla se correlacionó altamente con la longitud de semilla ($r = 0.8183$) misma que fue significativa ($p = 0.0244$), también presentó una asociación intermedia con el peso de mil semillas ($r = 0.7649$) dicha asociación fue significativa ($p = 0.0451$) (Tabla 4).

En este mismo grupo, la población de El Penitente presentó una alta correlación entre el volumen de semilla con el espesor de semilla, el peso de mil semillas, la longitud de semilla y el ancho de semilla ($r = 0.9879, 0.9523, 0.9431$ y 0.9275 , respectivamente) dicha correlación fue altamente significativa ($p = 0.0001, 0.0009, 0.0014$ y 0.0026 , en ese orden), también el volumen de semilla tuvo una alta asociación con el peso seco del cono ($r = 0.8627$) la cual fue significativa ($p = 0.0124$) (Tabla 4). El peso de mil semillas demostró una correlación alta con el ancho de semilla y el espesor de semilla ($r = 0.9646$ y 0.9552 , correspondientemente) dicha asociación fue altamente significativa ($p = 0.0004$ y 0.0008 , respectivamente), así como una alta asociación con la longitud de semilla ($r = 0.849$) misma que fue significativa ($p = 0.0154$) (Tabla 4).

El peso seco del cono presentó una alta asociación con el ancho de semilla y el espesor de semilla ($r = 0.8917$ y 0.8799 , en ese orden) la cual fue altamente significativa ($p = 0.007$ y 0.009 , respectivamente) y una correlación intermedia con el peso de mil semillas ($r = 0.7957$) misma que fue significativa ($p = 0.0325$) (Tabla 4).

Para la población de El Penitente, el espesor de semilla presentó una correlación alta con el ancho de semilla y la longitud de semilla ($r = 0.9351$ y 0.8998 , respectivamente) dicha correlación fue altamente significativa ($p = 0.0002$ y 0.0058 , en ese orden). De igual manera, el ancho de semilla presentó una asociación intermedia con la longitud de semilla ($r = 0.7752$) misma que fue significativa ($p = 0.0406$) (Tabla 4).

Por otra parte, la población de Cuauhtémoc presentó una alta asociación entre el volumen de semilla con el peso de mil semillas, el ancho de semilla y el peso seco del cono ($r = 0.9653, 0.9428$ y 0.9021 , respectivamente) la cual fue altamente significativa ($p = 0.0004, 0.0015$ y 0.0055 , en ese orden) y una asociación alta con el espesor de semilla ($r = 0.8641$) misma que fue significativa ($p = 0.0121$) (Tabla 4). Igualmente, el peso seco del cono demostró una correlación alta con el ancho de semilla, el peso de mil semillas y el espesor de semilla ($r = 0.9403, 0.9309$ y 0.8750 , correspondientemente) dicha asociación fue altamente significativa ($p = 0.0016, 0.0023$ y 0.0099 , en ese orden) (Tabla 4).

En esta misma población, el peso de mil semillas hubo una asociación alta con el ancho de semilla ($r = 0.9878$) y altamente significativa ($p = 0.0001$) y una alta asociación con el espesor de semilla ($r = 0.8067$) la cual fue significativa ($p = 0.0284$) (Tabla 4).

La eficiencia reproductiva demostró una correlación intermedia con el ancho de semilla y el peso seco del cono ($r = 0.7976$ y 0.7856 , en ese orden) la cual fue significativa ($p = 0.0316$ y 0.0363 , correspondientemente) (Tabla 4). El espesor de semilla tuvo una correlación intermedia con el ancho de semilla ($r = 0.7759$) dicha correlación fue significativa ($p = 0.0403$). Similarmente, el índice de endogamia presentó una correlación intermedia con la eficiencia reproductiva ($r = -0.7750$) misma que fue significativa ($p = 0.0407$) (Tabla 4).

Para la población de Jamé, se encontró una alta correlación entre el volumen de semilla con el ancho de semilla, peso de mil semillas, longitud de semilla y espesor de semilla ($r = 0.9749, 0.9591, 0.9546$ y 0.9326 , respectivamente) dicha correlación fue altamente significativa ($p = 0.0002, 0.0006, 0.0008$ y 0.0022 , correspondientemente) (Tabla 4). También presentó una correlación intermedia entre volumen de semilla con el índice de endogamia ($r =$

-0.7930) la cual fue significativa ($p = 0.0334$) y con la eficiencia reproductiva ($r = 0.7569$) misma que fue significativa ($p = 0.0489$) (Tabla 4).

El peso de mil semillas demostró una alta asociación con la longitud de semilla, el espesor de semilla y el ancho de semilla ($r = 0.9493$, 0.9129 y 0.8931 , respectivamente) dichas correlaciones fueron altamente significativas ($p = 0.0011$, 0.0041 y 0.0068 , en ese orden). El índice de endogamia presentó una alta asociación con la longitud de semilla y el peso de mil semillas ($r = -0.8481$ y -0.8473 , correspondientemente) mismas que fueron significativas ($p = 0.0159$ y 0.0161 , correspondientemente) y una asociación intermedia con el espesor de semilla ($r = -0.7767$) la cual fue significativa ($p = 0.04$) (Tabla 4).

Para la población de Jamé, el espesor de semilla estuvo asociada altamente con el ancho de semilla ($r = 0.8959$) misma que fue altamente significativa ($p = 0.0063$) y una alta correlación con la longitud de semilla ($r = 0.8157$) dicha correlación fue significativa ($p = 0.0253$) (Tabla 4).

De igual manera, la eficiencia reproductiva presentó una alta correlación con el peso de mil semillas ($r = 0.8374$) la cual fue significativa ($p = 0.0187$) y también una correlación intermedia con la longitud de semilla ($r = 0.7919$) la cual fue significativa ($p = 0.0338$). Similarmente, el ancho de semilla tuvo una asociación alta con la longitud de semilla ($r = 0.8939$) dicha correlación fue altamente significativa ($p = 0.0066$). En el peso seco del cono hubo una interrelación intermedia con la longitud de semilla ($r = 0.7614$) misma que fue significativa ($p = 0.0467$) (Tabla 4).

El análisis del coeficiente de correlación de Pearson entre los indicadores reproductivos para el grupo de las Sureñas (La Ascensión y La Taponá) encontró, en la población de La Ascensión, una alta

asociación ($r = 0.9493$) y altamente significativa ($p = 0.0011$) entre el volumen de semilla y el peso de mil semillas.

Similarmente, la eficiencia reproductiva mostró una tendencia a una correlación alta con el peso seco del cono ($r = 0.8675$) la cual fue significativa ($p = 0.0114$). En el índice de endogamia se encontró una asociación intermedia con la eficiencia reproductiva ($r = -0.7934$) dicha asociación fue significativa ($p = 0.0332$) (Tabla 4).

Por otra parte, para la población de La Tapona hubo una alta correlación entre el volumen de semilla con el ancho de semilla, el peso de mil semillas, la longitud de semilla, el espesor de semilla y la eficiencia reproductiva ($r = 0.9797, 0.9796, 0.9444, 0.8966$ y 0.8809 , correspondientemente) misma que fue altamente significativa ($p = 0.0001, 0.0001, 0.0014, 0.0062$ y 0.0088 , respectivamente) (Tabla 4). Igualmente, el peso de mil semillas presentó alta asociación con el ancho de semilla, la longitud de semilla y el espesor de semilla ($r = 0.9419, 0.9309$ y 0.8889 , en ese orden) dichas asociaciones fueron altamente significativa ($p = 0.0015, 0.0023$ y 0.0074 , correspondientemente) (Tabla 4).

Para esta misma población, la eficiencia reproductiva tuvo una tendencia alta con el espesor de semilla y el ancho de semilla (0.9368 y 0.9119 , en ese orden) la cual fue altamente significativa ($p = 0.0019$ y 0.0042 , correspondientemente) y una asociación alta con el peso de mil semillas ($r = 0.8612$) misma que fue significativa ($p = 0.0128$) (Tabla 4).

El índice de endogamia encontró una alta correlación con el peso seco del cono ($r = -0.8604$) la cual fue significativa ($p = 0.013$) y una correlación intermedia con la longitud de semilla ($r = -0.7705$) misma que fue significativa ($p = 0.0426$). También el ancho de semilla demostró una alta asociación con la longitud de semilla ($r = 0.8984$) y esta fue altamente significativa ($p = 0.006$). En esta misma población,

el espesor de semilla tuvo una alta asociación con el ancho de semilla ($r = 0.8639$) la cual fue significativa ($p = 0.0122$) (Tabla 4).

El análisis de coeficiente de correlación de Pearson entre los indicadores reproductivos determinados en las poblaciones de *Pinus greggii* var. *greggii* demostraron una correlación positiva y mayormente con alta significancia entre el volumen de semilla con la longitud de semilla, el ancho de semilla, el espesor de semilla, peso de mil semillas y el peso seco del cono, lo que significa que a mayor tamaño tenga la semilla, habrá un mayor volumen de semilla, por lo tanto, la semilla tendrá un mayor peso, Matziris (1998) encontró una correlación positiva del volumen de semillas con el peso de mil semillas, longitud de semilla y ancho de semilla ($r = 0.37, 0.35$ y 0.23); respecto a lo anterior, Flores-López *et al.* (2005) y Bayarsaikhan y Nyam-Osor (2013) reportan que los árboles que tienen un mayor tamaño de cono van a producir semillas más grandes, por lo tanto, van a tener mayor volumen.

El peso seco del cono se correlacionó de manera positiva y en su mayoría altamente significativa con las variables longitud de semilla, ancho de semilla, espesor de semilla y peso de mil semillas, esto es bueno, ya que indica que a mayor peso seco del cono, habrá mayor número y tamaño de las semillas, también habrá un peso de semillas llenas más grande; esto coincide con el estudio de Velazco (2008) menciona que los conos más grandes tienen más escamas, por lo tanto, tienen más semillas llenas, estas son semillas más grandes y más pesadas.

El peso de mil semillas para algunas poblaciones se correlacionó de manera positiva con la longitud de semilla, el ancho de semilla y el espesor de semilla, lo cual es bueno, ya que a mayor tamaño tiene la semilla, aumenta el peso de las semillas, se puede inferir que en la mayoría de las poblaciones hay un buen flujo de polen (Mosseler *et al.*, 2000).

De acuerdo a lo anterior, Fower y Park (1983) mencionan que el peso de la semilla es de gran importancia, a mayor peso de la semilla, esto indica que el cono ha producido una mayor cantidad de semillas, más pesadas, contrariamente pasa con la autofecundación, reduce la producción de semillas llenas y saludables y estas se manifiestan en las plántulas que son inferiores genéticamente. Por otra parte, Sorensen y Campbell (1993) mencionan que las semillas que estén más pesadas van a producir plántulas más grandes que las semillas ligeras.

Por otra parte, la eficiencia reproductiva se correlacionó de manera positiva y negativa con algunas variables como el peso seco del cono, el ancho de semilla, el espesor de semilla, esto indica que, si el tamaño de las semillas y el peso seco del cono aumenta también la eficiencia reproductiva, estas variables se utilizan para poder determinar el estado reproductivo de las poblaciones pequeñas y con densidad arbórea baja (Mosseler *et al.*, 2000).

Aguirre (2019) reportó, para el grupo de las orientales, la eficiencia reproductiva tuvo una correlación positiva con la densidad ($r = 0.13416$), para el grupo de Salarte reportó que la densidad se relaciona de forma negativa con la eficiencia reproductiva ($r = -0.16553$) y para el grupo de las sureñas la densidad se correlacionó de forma positiva con la eficiencia reproductiva ($r = 0.85836$), lo que indica que la densidad probablemente tiene gran influencia con los indicadores reproductivos. Los valores de densidad para cada grupo se presentan en la (Tabla 5).

El índice de endogamia se relacionó de manera negativa con el espesor de semilla, ancho de semilla, la longitud de semilla, el peso de mil semillas, peso seco del cono y la eficiencia reproductiva con correlaciones intermedias y altas, estas asociaciones se pueden decir que son buenas, lo que quiere decir que si estas variables aumentan el índice de endogamia disminuye, se puede mencionar que algunas

poblaciones de los grupos, tienen un buen flujo de polen Mosseler *et al.* (2000). Si el cono es más grande existe una polinización adecuada para la población, por lo tanto, el índice de endogamia baja (Bramlett *et al.* 1997).

En comparación, en un estudio de indicadores reproductivos, Flores-López *et al.* (2005) encontraron para el índice de endogamia se relaciona negativamente con el peso de la semilla. Por otra parte, López (2005) encontró una asociación positiva entre las semillas vanas con el índice de endogamia, esto ocurre porque a mayor cantidad de semillas vanas exista en los conos el índice de endogamia aumenta.

El tamaño del cono es importante, ya que contribuye a que haya semillas más grandes y sanas, lo que ayuda a tener una proporción de peso y volumen de semilla mayor, lo contrario a esto significa que el índice de endogamia incrementa (Velazco, 2008).

La relación de la densidad promedio para cada grupo de poblaciones con el índice de endogamia y la eficiencia reproductiva indica como puede estar el estado reproductivo para las poblaciones (Tabla 5).

De acuerdo a lo anterior, Flores *et al.* (2005) mencionan que una asociación negativa entre la densidad arbórea con el índice de endogamia se traduce que, a menor densidad arbórea, aumenta el índice de endogamia, debido a que no hay una buena dispersión y flujo de polen (Mosseler *et al.*, 2000).

Tabla 5. Densidad (ind ha⁻¹) por agrupación de 10 poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* del noreste de México.

Agrupación	Población	Densidad (ind ha⁻¹)	Densidad Promedio (ind ha⁻¹)
Orientales	Puerto Conejo	200	208
	Tejocote	140	
	Lirios	183	
	Placetas	309	
Salarte	Sierra Hermosa	197	175
	Penitente	214	
	Cauhtémoc	200	
	Jamé	89	
Sureñas	Ascensión	123	170
	Tapona	217	

Fuente: (Aguirre, 2019)

5 CONCLUSIONES

Existen diferencias morfológicas en la semilla de las 10 poblaciones muestreadas en este estudio de *Pinus greggii* var. *greggii* en el noreste de México, por lo que se rechaza la hipótesis nula inicialmente planteada.

De acuerdo con este estudio, el grupo de las Orientales (Puerto Conejo, El Tejocote, Los Lirios y Las Placetas) presentó los valores más altos de las variables como longitud de semilla, ancho de semilla, espesor de semilla, peso de mil semillas y volumen de semilla; este mismo grupo de poblaciones, mayormente presentó valores bajos de índice de endogamia, lo anterior, seguramente se debe a que hay una buena cobertura arbórea y existe buen flujo de polen.

En contraste, el grupo de poblaciones Salarte (Sierra Hermosa, El Penitente, Cuauhtémoc y Jamé) también presentaron altos valores para longitud de semilla, ancho de semilla, peso de mil semillas y volumen de semilla, pero en este grupo los valores de índice de endogamia fueron altos y la eficiencia reproductiva fue baja, lo cual posiblemente, se deba a la fragmentación arbórea y que no hay un buen flujo de polen.

Dentro del grupo de las Sureñas (La Ascensión y La Tapona) destaca la población La Tapona, que pese a ser una población aislada, presentó buenos valores de longitud de semilla, ancho de semilla, espesor de semilla y volumen de semilla, en contraste, su índice de endogamia fue baja y su eficiencia reproductiva fue alta lo cual demuestra que seguramente existe buena cobertura arbórea, en consecuencia, buen flujo de polen.

La población La Ascensión tuvo buenos valores de longitud de semilla, ancho de semilla, espesor de semilla, peso de mil semillas y volumen de semilla, sin embargo, su índice de endogamia fue alto y la eficiencia reproductiva fue baja.

Se encontraron de regulares a buenas correlaciones, positivas y negativas, entre las variables morfológicas de la semilla de las 10 poblaciones con dos indicadores reproductivos como la eficiencia reproductiva y el índice de endogamia. Por lo que se rechaza la hipótesis nula.

En el grupo de poblaciones Salarte se presentaron mayores correlaciones de regulares a buenas y mayormente positivas. En el grupo de las Orientales destacaron también las correlaciones positivas y altamente significativas, por otra parte, en el grupo de las Sureñas, la población de La Tapona destacó por tener correlaciones positivas y mayormente altamente significativas, en comparación con la población La Ascensión que tuvo pocas correlaciones entre las variables de la morfología de su semilla.

Para los tres grupos hubo mayor correlación entre el volumen de semilla con las variables de longitud de semilla, ancho de semilla, espesor de semilla, peso de mil semillas y peso seco del cono, lo que indica que a mayor volumen de semilla mayor es el tamaño de semilla, por lo que incrementa la eficiencia reproductiva y el índice de endogamia disminuye.

6 RECOMENDACIONES

Determinar la densidad arbórea mediante un diseño de muestreo para asociarla con la morfología de las semillas y con indicadores reproductivos.

Hacer un estudio edafológico para las poblaciones de *Pinus greggii* var. *greggii* que permita conocer las condiciones óptimas para el desarrollo de la especie.

Realizar estudios de pruebas de viabilidad y de la fenología de la polinización para conocer el estado reproductivo.

Identificar árboles padres para asegurar la producción de conos que favorezcan la mayor obtención de semillas y de buena calidad.

Continuar con el monitoreo de la morfología de la semilla de las poblaciones estudiadas para conocer el estado reproductivo de estas mismas.

Determinar los años de producción de conos y semillas para asociarlos con variables ambientales.

7 REFERENCIAS

- Aceves-García, P., E. R. Álvarez-Buylla., A. Garay-Arroyo., B. García-Ponce., R. Muñoz. y M. de la Paz Sánchez, M. (2016). Root architecture diversity and meristem dynamics in different populations of *Arabidopsis thaliana*. *Front. Plant Sci.*, 7(858). doi:10.3389/fpls.2016.00858
- Aguirre, C. (2019). Indicadores reproductivos de *Pinus greggii* Engelm ex Parl. var. *greggii* en 10 Poblaciones Naturales del Noreste de México. Tesis Profesional. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Bellavista, Saltillo, Coahuila, México: 1-48 p.
- Alba, J., J. Márquez R. y H. S. Bárcenas C. (2005). Potencial de producción de semillas de *Pinus greggii* Engelm., en tres cosechas de una población ubicada en Carrizal Chico, Zacualpan Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*. 7(2): 37-40.
- Alba, L., Ramírez G. y Rojas P. (2006). Variación en semillas de *Pinus greggii* Engelm. En el municipio de Naolinco, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*. 8(2): 7-12.
- Alías, R., D. Agúndez., N. Alba., S- C- González Martínez., y A. Soto. (2003). Variabilidad genética y gestión forestal. *Ecosistemas*. 12(13): 1-7.
- Aragón-Peralta, R. D., G. Rodríguez-Ortíz., J. J. Vargas-Hernández., J. R. Enriquez-del Valle., A. Hernández Hernández. y G. V. Campos-Ángeles. (2020). Selección fenotípica y características reproductivas de *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* (Mirov)

- S.G.Harrison. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 11(59): 118-140.
- Badilla-Valverde, Y., O. Murillo-Gamboa. y M. Espinosa-Pizarro. (2023). Optimización de técnicas de polinización controlada de *Tectona grandis*, Linn f. Revista Forestal Mesoamericana Kurú. 20(46): 1-9.
- Baker, H. G. (1972). Seed weight in relation to environmental conditions in California. Ecology. 6(53): 997-1010.
- Barrett, W. H. (1980). Selección y manejo de rodales semilleros con especial referencia a coníferas. Mejora Genética de Árboles Forestales. Informe sobre el curso de capacitación FAO/DANIDA sobre la mejora genética de árboles forestales celebrado en Mérida, Venezuela. FAO. Roma, Italia: 158-165 pp.
- Bayarsaikhan, U. y B. Nyam-Osor. (2013). Seed and Cone Characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) From Diverse Seed Sources in Northern Mongolia. Revista Euroasiática de Investigación Forestal. 16(1): 57-62.
- Bramlett, D. L., E. W. Belcher JR., G. L. DeBarr., G. D. Hertel., R. P. Karrfalt., C. W. Lantz., T. Miller., K. D. Ware and H. O. Yates III. (1997). Cone analysis of Southern pines: a Guidebook. Gen. Tech.Rep. SE-13. Asheville, N.C. USDA, Forest Service, Southeastern Forest Experiment 11 Station, Asheville, N.C. and Southeastern Area, State and Private Forestry. Atlanta, Georgia. 28 p.
- CETENAL. (1976a). Carta Geológica. G14C35. Escala 1:50,000. México.
- CETENAL. (1977a). Carta de Uso de Suelo y Vegetación. G14C56. Escala 1:50,000. México.

- CETENAL. (1977b). Carta Edafológica. G14C35. Escala 1:50,000. México.
- CETENAL. (1977b). Carta Edafológica. G14C35. Escala 1:50,000. México. .
- CETENAL. (1977c). Carta Edafológica. G14C66. Escala 1:50,000. México. .
- CETENAL. (1977d). Carta Geológica. G14C87. Escala 1:50,000. México.
- Cortés, J. (2019). Selección de Árboles de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* en Diez Poblaciones Naturales del Noreste de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 1-50 p.
- Curiel-Ávila, M. (2005). Descripción de 11 poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 67 p.
- Charlesworth, B. and D. Charlesworth. (1999). The genetic basis of inbreeding depression. *Genetical Research*. 74: 329-340.
- Clair, J. and W. Adams. (1991). Effect of seed weight and rate of emergence on early growth of open-pollinated Douglas fir families. *For. Sci.* 37(4): 987-997.
- CLEVA, M. S., SAMPALLO G. M., GONZÁLEZ T. A. Y ACOSTA C. A. (2013). Método para la determinación del volumen de una muestra de granos de arroz mediante el procesamiento digital de imágenes. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 39(2): 185-190.
- DETENAL. (1977a). Carta Edafológica. G14C56. Escala 1:50,000. México.

- DETENAL. (1977b). Edafológica. G14C87. Escala 1:50,000. México.
- DETENAL. (1978). Carta Geológica. G14C56. Escala 1:50,000. México.
- DETENAL. (1979a). Carta de Uso de Suelo y Vegetación. G14C34. Escala 1:50,000. México.
- DETENAL. (1979b). Carta de Uso de Suelo y Vegetación. G14C35. Escala 1:50,000. México.
- DETENAL. (1979c). Carta de Uso de Suelo y Vegetación. G14C87. Escala 1:50,000. México.
- Donahue, J. K. y J. López U. (1999). A new variety of *Pinus greggii* (PINACEAE) in Mexico. SIDA, Contribution to Botany. 4(18): 1083-1093.
- Eguiluz, P. T. (1982). Clima y distribución del género *Pinus* en México. Ciencia Forestal. 7: 30-44.
- Farjon, A. (2017). A Handbook of the World's Conifers. Revised and Updated Edition, 2nd ed. Brill, Leiden-Boston. USA: 722 p.
- Farjon, A., J. A. Pérez- De La Rosa. y B. T. Styles. (1997). Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew, Oxford Forestry Institute: 126 p.
- Ferriol, M. M. (2021). Los coniferópsidos: caracteres reproductivos. Dpto. Ecosistemas Agroforestales. Universitat Politècnica de València. 1-9 p.
- Fower, D. P. y S. Park. (1983). Population studies of withe spruce. I. Effects of selfpollination. Can. J. For. Res. 13: 1133-1138.
- Flores-López, C., G. Greade-López., J. López-Upton & E. López-Ramírez. (2012). Producción de semillas e indicadores

- reproductivos en poblaciones naturales de *Picea martinezii*. F. Patterson. Revista Forestal Baracoa. 31(2): 49-58 p.
- Flores-López, C., J. López U., J.J. Vargas H. (2005). Indicadores reproductivos en poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez. Agrociencia. 39 (001): 117-126 p.
- Gómez J, D. M., C. Ramírez H., J. Jasso. M., J. López U. (2010). Variación en características reproductivas Y germinación de semillas de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. Revista Fitotecnia Mexicana. 33(4): 297-304.
- Guiote, C. and Pausas, J. G. (2022), Fire favors sexual precocity in a Mediterranean pine. Centro de Investigaciones sobre Desertificación Moncada, Valencia, Spain. 1-9 p.
- Harbard, J., A. Griffin. y J. Espejo. (1999). Mass controlled pollination of *Eucalyptus globulus*: a practical reality. Canadian Journal of Forest Research. 29: 1457-1463.
- Harris, J. M. (1970). Mejoramiento genético para evaluar la calidad de la madera. Unasylva. 24(2-3): 32-36.
- Hernández, J. M., J. López U., J. J. Vargas Hernández. y J. Jasso M. (2007). Zonas semilleras de *Pinus greggii* var. *australis* en Hidalgo, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 30(3): 241-249.
- Hernández, P. (2006). Producción e Indicadores Reproductivos de Semillas en Ocho Poblaciones Naturales de *Pinus pinceana* Gordon. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 1-38 p.
- Honnay, O. y H. Jacquemyn. (2007). Susceptibility of Common and Rare Plant Species to the Genetic Consequences of Habitat Fragmentation. Conservation Biology. 21(3): 823-831.
- Iglesias, L. G., L. Y. Solís R. Y H. Viveros V. (2012). Variación morfométrica en dos poblaciones naturales de *Pinus hartwegii*

- Lindl. del estado de Veracruz. *Revista Internacional de Botanica Experimental*. 81: 239-246.
- INEGI. (2001). Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional, Sistema topofomas, escala 1:1 000 000, serie I. Formato Digital (Tipo Shapefile). Aguascalientes, México.
- INEGI. (2006). Carta topográfica. San Antonio de las Alazanas. G14C35. Escala 1: 50, 000. México.
- INEGI. (2008). Conjunto de Datos vectoriales Climatología 1:100000. México.
- Juárez, A. A., J. López-Upton., J. Vargas-Hernández. y C. Sáenz-Romero. (2006). Variación geográfica en la germinación y crecimiento inicial de plantulas de *Pseudotsuga menziesii* de México. *Agrociencia*. 40(6): 783-792.
- Jurado, E. y M. Westoby. (1992). Seedling growth in relation to seed size among species of arid Aust. *Journal of Ecology*. 80: 407-416.
- Leishman, M. R., I. T. Wright., A. T. Moles. y M. Westoby. (2000). The evolutionary ecology of seed size. In M. Fenner (Ed.). *The Ecology of regeneration in plant communities*: 31-57.
- López U., J. and J. K. Donahue. (1995). Seed production of *Pinus greggii* Engelm. in natural stands in Mexico. *Tree Planters' Notes*. 46(3): 86-92.
- López U., J. J. Jasso M., J.J. Vargas H. y J. C. Ayala S. (1993). Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii*. *Agrociencia*. 3(1): 81-95.
- López, A. J. L. J. J. Vargas H., C. Ramírez H. y J. López U. (1999). Variación intraespecífica en el patrón de crecimiento del brote terminal de *Pinus greggii* Engelm. *Revista Chapingo, serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 2(5): 133-140.

- López, C. (2005). Producción y viabilidad de semilla de *Pinus johannis* M.-F. Robert en dos poblaciones naturales de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 1-93 p.
- Manzanilla-Quiñones, U., O. A. Aguirre-Calderón. y J. Jiménez-Pérez. (2018). Que es una conífera y cuantas existen en el mundo y en México. Centro de investigación científica de Yucatán, A.C. 10: 168-175.
- Mápula-Larreta, M., J. López-Upton., J.J. Vargas-Hernández., A. Hernández-Livera. (2007). Reproductive indicators in natural populations of Douglas-fir in Mexico. Biodiversity and Conservation. 16(3): 727-742.
- Marcó, M. (2005). Conceptos generales del mejoramiento genético forestal y su aplicación a los bosques cultivados de la Argentina. Mejores Arboles para más forestadores. El Programa de Producción de Material de Propagación Mejorado y el Mejoramiento Genético en el Proyecto Forestal de Desarrollo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. 9-17.
- Márquez, G. Á. (2007). Variación de conos y semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. Del Esquilón, Coacoatzintla, Veracruz México. Tesis. Maestría en Ciencias. Universidad Veracruzana.
- Matziris, D. (1998). Genetic Variation in Cone and Seed Characteristics in a Clonal Seed Orchard of Aleppo Pine Grown in Greece. *Silvae Genetica*. 47(1): 37-41.
- Mendoza-Hernández., N. B., C. Ramírez-Herrea., J. López-Upton., V. Reyes-Hernández. y P. A. López. (2018). Variación de características reproductivas de árboles de *Pinus patula* en un huerto semillero sexual. *Agrociencia*. 52(2): 279-291.

- Miniño M, V. A., L. E. Rodríguez de F., O. Paino P., Y. León. y L. Paulino. (2014). Caracterización de la morfología de la semilla de *Pinus occidentalis* Swartz. *Ciencia y Sociedad*. 39(4): 777-801.
- Moncur, M., G. Rasmussen. y O. Hasan. (1994). Effect of paclobutrazol on flower-bud production in *Eucalyptus nitens* espalier seed orchards. *Canadian Journal of Forest Research*. 24(1): 46-49 pp.
- Morales-Hernández, J., S. Zepeda-Guzmán., J. Cruz de León., M. Gómez-Romero. y J. E. Ambriz-Parra. (2017). Descripción macroscópica y germinación de la semilla de *Pinus martinezii* Larsen del Estado de Michoacán. *Foresta Veracruzana*. 19(1): 23-28.
- Morales-Velázquez, M. G., C. A. Ramírez-Mandujano., P. Delgado-Valerio. y J. López-Upton. (2010). Indicadores reproductivos de *Pinus leiophylla* Schltdl. et Cham. en la cuenca del río Ángulo, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2(1):31-38.
- Morante J., C., J. Alba-Landa. y L. del C. Mendizábal-Hernández. (2005). Estudio de conos, semillas y plantulas de *Pinus greggii* Engelm. de una población del estado de veracruz, México. *Foresta Veracruzana*. 7(2): 23-31.
- Moreno, V., A. Mercadet. y M. Anton. (1968). Principios del mejoramiento genético forestal. En: *Genética y mejoramiento arbóreo*. Colectivo de autores. Noda J., A. L. V. Moreno. A. Gonzales R. A. Álvarez B. A. Mercadet. M. Anton. y M. Pérez S. (eds.). Centro universitario de Pinar del Río. Ministerio de educación superior. Enpes. La Habana, República de Cuba: 279 p.

- Mosseler, A. y O. P. Rajora. (1998). Monitoring population viability in declining tree species using indicators of genetic diversity and reproductive success. In: Environmental Forest Science. Edited by K. Sissa. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands: 333-334 pp.
- Mosseler, A., J. E. Major, J. D. Simpson., B. Daigle., K. Lange., Y.-S. Park., K.H. Johnsen y 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.
- Muñoz F, H. J., J. T. Sáenz R., M. Gómez C., J. Hernández R. y R. Barrera R. (2023). Variación morfológica en semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. altamente productores de resina. Acta Universitaria. 33: 1-14.
- Niembro, R. A. (1986). Mecanismos de reproducción sexual en pinos. pp. 14, 21,94.
- Nienstaedt, H. (Del 30 de mayo al 5 de junio de 1988.). Importancia de la variación natural. En: Curso. Establecimiento y Manejo de Plantaciones Forestales Comerciales. Centro de Genética Forestal A.C. Chapingo. México.
- Pérez, J. (2018). Producción, pérdida e indicadores reproductivos de conos y semillas de *Pinus nelsonii* Shaw en el Noreste de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 48 p.
- Perry, J. P. (1991). The pines of México and Central America. *Timber Press, Inc Portland, Oregon, USA*. 231 P.
- Pires, I., R. Resende., R. da Silva. y M. Resende. (2011). Genética Florestal. *Viçosa*: Universidad Federal de Viçosa.

- Quijada, R. M. (1980). Rodales semilleros. Mejora Genética de Árboles Forestales. Informe sobre el curso de capacitación FAO/DANIDA sobre la mejora genética de árboles forestales celebrado en Mérida, Venezuela. FAO. Roma, Italia. 154-157 pp.
- Radford, B. J. (1977). Influence of size of achenes sown and depth of mowing on growth and yield of dryland oilseed sunflowers (*Helianthus annuus*) on the Darling Downs. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*: 489-494.
- Ramírez- Herrera, C., J. J. Vargas-Hernández. y L. López- Upton. (2005). Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. *Acta Botánica Mexicana*. (72): 1-16.
- Ramírez, E. (2000). Variación de semilla y plántulas de tres procedencias de *Pinus teocote* Schl. & Cham. Tesis profesional de maestría. Universidad Veracruzana.1-77.
- Rodríguez, L. R., R. Razo Z., J. Juárez M., J. Capulín G. y R. Soto G. (2012). Tamaño de cono y semilla en procedencias de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* establecidas en diferentes suelos. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35(4): 289-298.
- Sánchez, G. A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los Pinos de México. *Madera y Bosque*. 14(1): 107-120.
- Sánchez-Rodríguez, S. H. (2005). Adaptacion de las especies a traves de cambios geneticos influenciados por el Medio ambiente. *Revista Electronica Veterinaria*. VI: 1-9.
- Sorensen, F. C. y R. K. Campbell. (1993). Seed weight-seedling size correlation in coastal Douglas-fir: genetic and enviromental components. *Can. J. For. Res.* (39): 275-285.
- Spurr, S. H. y B. V. Barnes. (1982). *Ecoligía Forestal* . AGT Editor. México, D.F. México. 690 p.

- Vargas, H. J. (2003). Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en el Norte de México. *Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales*. FGR/60S. Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma.
- Velazco, F. (2008). Producción de semilla e indicadores reproductivos de *Pinus greggii* Engelm., En Arteaga, Coah. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 1-38 p.
- Villa, P. (2010). Producción de semillas e indicadores reproductivos de *Pinus joannis* M.-F Robert en el noreste de México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 1-37 p.
- Viveros-Viveros, H., A. R. Camarillo-Luna., C. Sáenz-Romero. y A. Aparicio-Rentería. (2013). Variación altitudinal en caracteres morfológicos de *Pinus patula* en el estado de Oaxaca (México) y su uso en la zonificación. *BOSQUE*. 34(2): 173-179.
- William, R. L., k. Olesen y H. Barner. (1993). Natural variation as a basis for tree improvement. Danida Forest Seed. Centre. Humlebaek Denmark. Lecture note.(No. A-3): 14 p.
- Zobel, B. J. y J. T. Talbert. (1988). Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales. s. Limusa. México, D. F.: 545 p.

8 ANEXOS

8.1 Anexo 1. Programas del Statistical Analysis System versión 9.4.

Análisis de varianza;

```
options linesize=80 pagesize=60 pageno=1;
data semilla;
infile 'C:\Users\Eladio Cornejo\Documents\Ana Lucia Moran\semillas
actualiza.dat';
input proce $ ARB $ cono semilla lon_se an_se espe_se pemil_se PSC
ER IE vol;
proc sort data=semilla;
by proce arb cono semilla;
run;
proc means noprint;
by proce arb cono;
var lon_se an_se espe_se pemil_se PSC ER IE vol;
output out=medias mean=lon_se an_se espe_se pemil_se PSC ER IE
vol;
data ana1;
set medias;
proc sort data=medias;
by proce arb cono;
run;
proc means noprint data=medias;
by proce arb;
var lon_se an_se espe_se pemil_se PSC ER IE vol;
output out=medias2 mean=lon_se an_se espe_se pemil_se PSC ER
IE vol;
run;
data ana2;
set medias2;
logpsc=log(PSC);
logIE=log(IE);
proc anova data=ana2;
class proce;
```

```

model lon_se an_se espe_se pemil_se logpsc ER logIE vol = proce;
means proce / tukey
run;

```

Prueba de comparación de Duncan;

```

proc anova data=ana2;
class proce;
model an_se = proce;
means proce / duncan;
run;

```

Análisis de correlación;

```

options linesize=80 pagesize=60 pageno=1;
data semilla;
infile 'C:\Users\Eladio Cornejo\Documents\Ana Lucia Moran\semillas
actualiza.dat';
input proce $ ARB $ cono semilla lon_se an_se espe_se pemil_se PSC
ER IE vol;
proc sort data=semilla;
by proce arb cono semilla;
run;
proc means noprint;
by proce arb cono;
var lon_se an_se espe_se pemil_se PSC ER IE vol;
output out=medias mean=lon_se an_se espe_se pemil_se PSC ER IE
vol;
data ana1;
set medias;
proc sort data=medias;
by proce arb cono;
run;
proc means noprint data=medias;
by proce arb;
var lon_se an_se espe_se pemil_se PSC ER IE vol;
output out=medias2 mean=lon_se an_se espe_se pemil_se PSC ER
IE vol;
run;
data ana2;
set medias2;
logpsc=log(PSC);

```

```

logIE=log(IE);
proc anova data=ana2;
class proce;
model lon_se an_se espe_se pemil_se logpsc ER logIE vol = proce;
means proce / tukey;
run;
proc corr nosimple data=ana2;
by proce;
var lon_se an_se espe_se pemil_se logpsc ER logIE vol;
run;

```

Comparación de distribución normal;

```

proc univariate normal plot;
var lon_se an_se espe_se pemil_se log_psc ER log_IE vol;
run;

```

8.2 Anexo 2. Resultado de análisis de varianza para las variables.

Variable	Pr > F
Longitud se semilla	0.0001
Ancho de semilla	0.0176
Espesor de Semilla	0.0021
Peso de mil semillas	0.0018
Peso seco del cono	0.0008
Eficiencia Reproductiva	0.0724
Índice de Endogamia	0.0019
Volumen de semilla	0.0007

Variable	Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Longitud de semilla	Modelo	9	9.814386	1.090487	5.31	0.0001
	Error	60	12.325635	0.205427		
	Total	69	22.140021			
Ancho de semilla	Modelo	9	0.757668	0.084185	2.48	0.0176
	Error	60	2.035286	0.033921		
	Total	69	2.792954			
Espesor de semilla	Modelo	9	0.450473	0.050053	3.38	0.0021
	Error	60	0.888252	0.014804		
	Total	69	1.338726			
Peso de mil semillas	Modelo	9	0.000239	0.000027	3.43	0.0018
	Error	60	0.000466	0.000078		
	Total	69	0.000705			
Peso seco del cono	Modelo	9	1.844229	0.204914	3.79	0.0008
	Error	60	3.244491	0.054075		
	Total	69	5.088719			
Eficiencia Reproductiva	Modelo	9	553.007611	61.445290	1.88	0.0724
	Error	60	1960.73834	32.678972		
	Total	69	2513.74595			
Índice de Endogamia	Modelo	9	7.079481	0.786609	3.41	0.0019
	Error	60	13.829388	0.230490		
	Total	69	20.908869			
Volumen de semilla	Modelo	9	400.085957	44.453995	3.87	0.0007
	Error	60	689.118168	11.485303		
	Total	69	1089.20413			