

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Selección de Árboles de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* en Diez Poblaciones Naturales del Noreste de México

Por:

JUAN MANUEL CORTÉS RIVAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Selección de Árboles de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* en Diez Poblaciones Naturales del Noreste de México

Por:

JUAN MANUEL CORTÉS RIVAS

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

M.C. Salvador Valencia Manzo
Coasesor

Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2019



DEDICATORIA

A mi Papá: **Oliverio Cortés Díaz**, por tus consejos, enseñanzas y apoyo económico a lo largo de todos estos años; a ti papá que me has enseñado a trabajar y que con el ejemplo tratas de hacer de mí una persona de bien, te agradezco papá, que Dios te bendiga siempre.

A mi Mamá: **Aurora Micaela Rivas Arreola**, por darme la vida, por haber sido tú la persona que me dio ánimo de seguir preparándome, por tus oraciones, eres un gran ejemplo a seguir, que Dios te bendiga mamá.

A mis Hermanos: **José Daniel, Jafet Roberto, Oliver Antonio y Marcelo**, nunca olvidaré tantos momentos trabajando juntos en la Sierra de Guerrero, sin duda la mejor época de mi vida.

A mis Abuelitos: **Daniel Cortez Munguía, María Elena Díaz Arriola, Manuel Rivas Cerdeira (†), Aurora Arreola Cortes (†), Antonia Arreola Cortes (†)**, por compartir conmigo su sabiduría y por dedicarme sus oraciones, ustedes siempre serán mi ejemplo a seguir.

A las Familias: **Cortés Díaz, Cortés Cortés y Hernández Cortés** por el gran apoyo y cariño que me han brindado para concluir esta etapa de mi vida.

Con mucho cariño y respeto a mi Novia **María del Carmen Guzmán Lemus** por todo el cariño y respeto que me ha brindado.

Con mucho cariño para mis Tíos y Tías: **Irene Cortés, Pedro Cortes, Ignacia Vieyra, Saúl Hernández, Juanita Cortés, Homerin Cortés (El viejón), Isa Hernández, Blanca Cortés, Eli Cortés** y para todos mis queridos familiares.

A mis Primos: **Otoniel Cortés, Edén Cortés y Cristian Cortés**, por que juntos llegamos a esta gran Universidad y hoy, juntos y apoyándonos concluimos esta meta.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por darme salud y fuerza para levantarme todos los días y así poder cumplir otra meta más en mi vida.

Al **Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo** por su tiempo, confianza y asesoría para que este trabajo se llevara a cabo de la mejor forma posible y con quien estaré siempre agradecido.

Al **Dr. Celestino Flores López** por su tiempo y por su gran disposición que mostró para la revisión de este trabajo, así como también por las importantes lecciones que me enseñó en esta Universidad.

Al **M.C. Salvador Valencia Manzo** por la disposición que mostró para la revisión de este trabajo y por las aportaciones para la mejora del mismo, así como también por las importantes lecciones que me enseñó en esta Universidad.

Al **Ing. Claudio Amado Leal Cantú**, por su amistad y gran apoyo para culminar mis estudios universitarios.

Al **Dr. Julio César Tafolla Arellano**, por su buena amistad y apoyo brindado durante mi estancia en la Universidad.

Al **Dr. Genaro Esteban García Mosqueda** por sus valiosos consejos y por su gran amistad.

A todo el **personal del Departamento Forestal de la UAAAN** en especial al Ing. Jil por haber contribuido en mi formación profesional.

A mis amigos: **Rigoberto Espinoza, Juan Carlos Ramírez, Arturo Chávez y Juan Carlos Calvillo** por los buenos consejos y excelentes vivencias que hemos pasado.

A mis compañeros y grandes amigos de generación: **Emir Del Billar, Miguel Ángel Jiménez, Cristian Aguirre, Brenda Vázquez, Aarón Sandoval, José de Jesús Del Villar, Juvencio Torres, Albaitzel Domínguez, Bernabé Alba, Juan Carlos Zavala y Francisco Sánchez.**

A mis paisanos: **Dany Domínguez (†), Miguel Torres, Ricardo Luviano, Dámaso Berrum, Leo Berrum, Beto Torres, Kevin Vuelvas y Aldo Fuentes.**

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

ÍNDICE DE TABLAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN.....	iv
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	5
1.2 Hipótesis.....	6
2 MATERIALES Y MÉTODOS	7
2.1 Diseño de muestreo.....	9
2.2 Selección de árboles.....	10
2.3 Procesamiento de datos	16
3 RESULTADOS y DISCUSIÓN	19
3.1 Análisis de componentes principales	19
3.2 Agrupación de las poblaciones	23
3.3 Diferenciales de selección absoluto y relativo, e intensidad de selección	29
4 CONCLUSIONES.....	35
5 RECOMENDACIONES.....	36
6 REFERENCIAS	37
7 ANEXOS	42

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.	7
Tabla 2. Coeficientes de correlación de las 27 variables, dasométricas y climáticas, con los cuatro primeros componentes que explicaron el 84.33% de la varianza para agrupar las diez poblaciones de <i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>greggii</i> del noreste de México.	21
Tabla 3. Coeficientes de correlación de las seis variables climáticas con los dos primeros componentes que explicaron el 98.27% de la varianza para las diez poblaciones de <i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>greggii</i> del noreste de México.	23
Tabla 4. Valores medios y rango de las variables dasométricas de árboles selectos correspondientes al grupo 1 (Puecon, Tejo, Lir y Plac) de <i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>greggii</i> en el noreste de México.	26
Tabla 5. Valores de las variables dasométricas de árboles selectos correspondientes al grupo 2 (Jam, Pen, SH y Cua) de <i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>greggii</i> en el noreste de México.	27
Tabla 6. Valores de las variables dasométricas de árboles selectos correspondientes al grupo 3 (Tap y Asc) de <i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. var. <i>greggii</i> en el noreste de México.	29
Tabla 7. Diferenciales de selección absoluto (D.S.A.) y relativo (D.S.R.) e intensidad de selección (I.S.) para el grupo 1 (Puecon, Tejo, Lir y Plac)	

con base en variables dasométricas cuantitativas y cualitativas de árboles selectos y testigos de *Pinus greggii* ex Parl. var *greggii* en el noreste de México.30

Tabla 8. Diferenciales de selección absoluto (D.S.A.) y relativo (D.S.R.) e intensidad de selección (I.S.) para el grupo 2 (Jam, Pen, SH y Cua) con base en variables dasométricas cuantitativas y cualitativas de árboles selectos y testigos de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var *greggii* en el noreste de México.33

Tabla 9. Diferenciales de selección absoluto (D.S.A.) y relativo (D.S.R.) e intensidad de selección (I.S.) para el grupo 3 (Tap y Asc) con base en variables dasométricas cuantitativas y cualitativas de árboles selectos y testigos de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var *greggii* en el noreste de México.33

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

- Figura 1. Varianza explicada por los componentes principales utilizando las 27 variables dasométricas y climáticas para la agrupación de las 10 poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* del noreste de México.19
- Figura 2. Varianza explicada por los componentes principales utilizando las seis variables climáticas que más se correlacionaron la agrupación de las 10 poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. Ex Parl.var. *greggii* del noreste de México.22
- Figura 3. Componentes principales 1 y 2 que corresponden a variables climáticas de precipitación y temperatura para la agrupación de las 10 poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* del noreste de México.25

RESUMEN

El presente trabajo es el inicio de un programa de mejoramiento genético para *Pinus greggii* Engelm. Ex Pal. var. *greggii* en el noreste de México. Los objetivos fueron seleccionar setenta árboles en diez poblaciones naturales de *Pinus greggii* var. *greggii* mediante las metodologías de comparación de testigos y selección individual para después estimar el diferencial de selección e intensidad de selección basándose en los valores promedio de las variables de interés económico que se evaluaron (altura total, diámetro normal, área basal, volumen y rectitud del fuste).

Con el propósito de agrupar las diez poblaciones se integró una base de datos con nueve variables dasométricas de los árboles selectos y 18 variables climáticas de cada uno de los árboles selectos, con dicha base de datos se hizo un análisis de componentes principales con el cual se obtuvieron tres grupos de poblaciones con dos componentes principales los cuales se correlacionaron con variables de precipitación y temperatura. Con base en los grupos obtenidos se compararon los árboles selectos contra los árboles testigos y se calculó el diferencial de selección absoluto y relativo, así como la intensidad de selección para las variables de interés económico, los resultados de la intensidad de selección que se obtuvieron fueron: para el grupo uno, altura total (At) 1.1, Diámetro Normal (DN) 1.46, Área Basal (AB) 1.52, Volumen (Vol) 1.61, y Rectitud del fuste (RF) 1.15; para el grupo dos At 0.29, DN 0.86, AB 0.93, Vol 0.78 y RF 1.53; y para el grupo tres At 0.57, DN 0.81, AB 0.80, Vol 0.93 y RF 1.36.

Palabras clave: Árboles selectos, comparación de testigos, intensidad de selección y componentes principales.

1 INTRODUCCIÓN

Producir semillas de buena calidad genética constituye una base sólida para obtener plantas de buena calidad, dicha semilla se puede obtener de los mejores fenotipos que crecen en condiciones de bosques naturales (Patiño, 1975).

La gran variación que existe en las características importantes de la mayoría de los árboles forestales y la aptitud combinatoria general de dichos árboles proporciona una buena oportunidad para obtener ganancias en las características de los árboles a través de la selección de los mejores fenotipos, por lo tanto, la primera etapa en un programa de mejoramiento genético forestal es la selección de árboles plus. Los árboles plus o árboles selectos se definen como aquellos que han sido evaluados fenotípicamente y han sido encontrados superiores dentro de la población en uno o más de sus caracteres de importancia (Zobel y Talbert, 1988).

Ipinza (1998) describe tres métodos de selección. Uno de ellos es el método de selección por regresión. Este método es aplicable en rodales naturales multietáneos, para lo cual es necesario conocer con certeza la edad del árbol candidato, dicho método consiste en el desarrollo de curvas (regresiones) para las variables de interés que dependen de la edad (Zobel y Talbert, 1988); por ejemplo, si es conocida la edad del árbol candidato y su volumen supera el valor estimado por la regresión edad-volumen, entonces el árbol se podrá considerar como árbol selecto. El segundo método es el de selección individual, este método se usa en rodales naturales donde los árboles se encuentran generalmente dispersos de edades no conocidas. El seleccionador debe conocer con certeza la variabilidad de la especie para valorar, exactamente, cuál es un buen árbol al aplicarse este método. El tercer

método es el de comparación de árboles, el cual consiste en comparar el árbol candidato con los árboles vecinos para las características objeto de mejoramiento. La comparación se efectúa con respecto de los cinco mejores árboles que existen dentro de una vecindad lo cual normalmente se define como un círculo de 10 a 20 metros, considerando el árbol candidato como centro. Este tercer método tiene la ventaja de hacer una selección más eficiente y objetiva, ya que se comparan árboles de la misma edad y se minimizan los efectos de las diferencias de sitio (Ipinza, 1998).

En materia de selección de árboles en bosques templados, Santiago (2004) empleó las metodologías de comparación de testigos y selección individual para seleccionar árboles de *Pinus arizonica* Engelm. en Chihuahua, México, dicho autor seleccionó 200 árboles y separó los 20 mejores árboles con base en el puntaje de superioridad; el autor comparó los 20 mejores árboles con 1,341 árboles como población original y determinó la Intensidad de Selección (I.S.) para la altura, el diámetro normal, el volumen y la rectitud de fuste del orden de 1.25, 1.01, 1.27, 0.92, respectivamente. De igual manera en Chihuahua, México, Cepeda (2004) empleó la metodología de comparación de testigos para seleccionar árboles de *Pinus durangensis* Martínez, dicho autor seleccionó 149 árboles de los cuales separó los mejores 20 árboles con base en el puntaje total de superioridad; el autor comparó esos 20 árboles con 793 árboles como población original y determinó una I.S. para la altura, el diámetro normal y el volumen del orden de 0.89, 0.90 y 1.01, respectivamente. En otro estudio hecho por Muñoz *et al.* (2012) llevaron a cabo una comparación de dos métodos de selección de árboles superiores en un área semillera de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schltdl. *et Cham.* en Michoacán, México, dichos autores seleccionaron seis árboles por el método de árboles testigos y cuatro árboles por el método de regresión lineal, los autores concluyen

que, aunque la selección por la metodología de regresión lineal requiere de menor tiempo y menores gastos de campo, la selección por comparación de testigos permite hacer una selección más objetiva y estricta, ya que se utilizan más variables fenotípicas para hacer la comparación.

En zonas tropicales, Balcorta-Martínez y Vargas-Hernández (2004) emplearon la metodología de comparación de testigos para seleccionar árboles de *Gmelina arborea* Linn., Roxb en una plantación de tres años de edad en Campeche, México, los autores seleccionaron 35 árboles y separaron los 20 mejores árboles con base en el puntaje total de superioridad; dichos autores compararon los 20 árboles con 1,578 árboles como población original y determinaron valores de Diferencial de Selección (D.S.) donde destaca el volumen con 0.056 m^3 , altura 3.8 m, diámetro normal 4.5 cm, rectitud del fuste 2.4, ángulo de inserción de ramas 4.4° , densidad de la madera 0.003 g cm^{-3} , diámetro de copa 0.3 m y diámetro de ramas 2.9 cm. En otro estudio, Martínez (2018) empleó la metodología de comparación de testigos para seleccionar árboles en dos plantaciones de *Cedrela odorata* L. de 20 y 17 años en Oaxaca, México, dicho autor seleccionó 143 árboles de los cuales separó los 20 mejores árboles basándose en el puntaje de superioridad; el autor comparó los 20 mejores árboles contra 572 árboles como población original y calculó una I.S. para altura, diámetro, volumen, copa, rectitud de fuste y poda natural del orden de 0.74, 0.86, 1.04, 0.58, 0.26 y 0.72, respectivamente.

Debido a que la selección de árboles se realiza con base en su fenotipo, la ganancia genética (G) que se obtendrá depende de la heredabilidad (h^2) y del diferencial de selección (S), la fórmula para el cálculo de la ganancia genética es la siguiente $G=h^2*S$; el diferencial de selección se obtiene de la diferencia entre la media de los árboles selectos y la media de

la población original; de lo anterior se puede concluir que seleccionando los mejores fenotipos es posible obtener una mayor ganancia genética en las progenies.

La respuesta a la selección de árboles se puede generalizar si el diferencial de selección se expresa en términos de desviación estándar fenotípica, a este diferencial de selección estandarizado se le llama intensidad de selección (Falconer, 1990). La intensidad de selección (I.S.) mide en cuantas desviaciones estándar excede la media de la población seleccionada a la media de la población base (árboles testigos); por ejemplo, un diferencial de selección de 3.98 metros de altura indica que la media de la población seleccionada es 3.98 metros mejor que la media de la población base, si la desviación estándar fenotípica es de 3.58 metros y estandarizamos $3.98/3.58$ obtenemos como resultado 1.11, lo cual indica que la media de la población seleccionada es una desviación estándar mejor que la media de la población base (Zobel y Talbert, 1988).

Pinus greggii Engelm. es un árbol de tamaño mediano de 10 a 25 metros de altura, de corteza lisa color grisáceo cuando joven y oscura y áspera después, las hojas se presentan en grupos de tres, de 7 a 15 cm. Los conos son fuertes y tenazmente persistentes, duros, sésiles, oblongo-cónicos, algo encorvados, color ocre, lustrosos, colocados generalmente por pares o en grupos de 5 a 8, excepcionalmente más (Perry, 1991; Martínez, 1992).

Pinus greggii crece en poblaciones aisladas a lo largo de la Sierra Madre Oriental del centro y norte de México, en zonas semiáridas con precipitación variable de 500 a 2900 mm, en altitudes entre los 1200 a 2700 msnm y en climas subtropicales (Eguiluz, 1982). Las poblaciones de dicha especie se han visto disminuidas en el noreste de México debido al pastoreo abundante de ganado vacuno, aprovechamiento maderable excesivo y la presión

alta de los asentamientos humanos (Ramírez-Herrera, Vargas-Hernández y López-Upton, 2005).

Algunos de los estudios que destacan la importancia de la especie son los relacionados con producción de semillas en poblaciones naturales en México (López-Upton y Donahue, 1995), variación de características morfológicas en conos y semillas (López, Jasso, Vargas y Ayala, 1993), variación de la densidad relativa de la madera (López y Valencia, 2001), variación entre procedencias y respuesta a la poda química en plántulas (Aldrete, Mexal, y López-Upton, 2005), estructura de la diversidad genética de la especie (Parraguirre, Vargas, Ramírez, Azpíroz y Jasso, 2002), distribución y conservación de las poblaciones naturales (Ramírez-Herrera *et al.*, 2005), selección genética de progenies para la formación de huertos semilleros (Virginia, Valderes y Yukio, 2010).

Se ha reportado que *Pinus greggii* es una especie prometedora en Sudáfrica (Kietzka, Denison y Dvorak, 1996) La FAO categoriza a *P. greggii* como una de las especies nativas con mayor prioridad en el Norte de México (Vargas, 2003).

1.1 Objetivos

Seleccionar setenta árboles en diez poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* mediante las metodologías de comparación de testigos y selección individual.

Estimar el diferencial de selección e intensidad de selección con base en los valores promedio de las cinco variables de interés económico que se evaluaron (altura total, diámetro normal, área basal, volumen y rectitud del fuste).

1.2 Hipótesis

H_0 : La intensidad de selección es menor a una desviación estándar en las variables medidas tales como altura total, diámetro normal, área basal, volumen y rectitud del fuste.

H_a : La intensidad de selección es mayor o igual a una desviación estándar en alguna de las variables medidas tales como altura total, diámetro normal, área basal, volumen y rectitud del fuste.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio comprende diez poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. var. *greggii* que se localizan en la parte septentrional de la Sierra Madre Oriental (Tabla 1).

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

Población	Municipio	Latitud Norte	Longitud Oeste
1. Puerto Conejo (Puecon)	Santa Catarina, N.L.	25° 28' 59.70''	100° 34' 50.25''
2. El Tejocote (Tejo)	Santiago, N.L.	25° 26' 35.19''	100° 29' 51.16''
3. Cañón de Los Lirios (Lir)	Arteaga, Coah.	25° 22' 48.30''	100° 33' 4.50''
4. Jamé (Jam)	Arteaga, Coah.	25° 20' 55.78''	100° 35' 27.20''
5. El Penitente (Pen)	Saltillo, Coah.	25° 20' 4.94''	100° 54' 46.10''
6. Sierra Hermosa (SH)	Arteaga, Coah.	25° 19' 29.62''	100° 55' 41.53''
7. Cuauhtémoc (Cua)	Saltillo, Coah.	25° 17' 36.62''	100° 54' 36.52''
8. Las Placetas (Plac)	Galeana, N.L.	24° 55' 3.07''	100° 12' 53.16''
9. La Tapona (Tap)	Galeana, N.L.	24° 43' 58.86''	100° 6' 53.27''
10. 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 poblaciones de *Pinus greggii* var *greggii* contempladas para este proyecto se encuentran en la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental (Rzedowski, 2006). El área de estudio se encuentra en la región hidrológica RH24 Bravo Conchos (INEGI, 1981).

La geología presente es la siguiente: En Puerto Conejo, El Tejocote y Cañón de Los Lirios se presentan rocas sedimentarias de caliza y lutita (CETENAL, 1976a). Para la población de Las Placetas además de caliza y lutita se distribuye también aluvión (DETENAL, 1978). En las poblaciones de Jamé y Sierra Hermosa se distribuyen lutitas y arsenicas; en El Penitente ocurren lutitas y para la población de Cuauhtémoc se presentan rocas

sedimentarias de caliza y lutita (CETENAL, 1976b). En La Tapona y La Ascensión se distribuyen rocas como caliza y aluvión (CETENAL, 1977d).

Los suelos presentes en el área de estudio para la población de Puerto Conejo son: castañozem háplico, fluvisol calcárico, feozem calcárico, regosol calcárico, litosol, rendzina, feozem lúvico y castañozem lúvico; Para El Tejocote se encuentran feozem calcárico, fluvisol calcárico, luvisol crómico, litosol y rendzina; en El Cañón de Los Lirios se presentan castañozem háplico, feozem calcárico y rendzina (CETENAL, 1977b). En Las Placetas ocurren suelos del tipo litosol, rendzina y regosol calcárico (DETENAL, 1977a). En El Ejido Jamé ocurren suelos de tipo luvisol crómico, regosol calcárico, feozem calcárico, fluvisol calcárico, litosol y rendzina (CETENAL, 1977b). En El Penitente ocurren rendzinas y litosoles; en la población de Sierra Hermosa ocurren suelos del tipo regosol eutrítico y feozem háplico; en Cuauhtémoc se distribuyen suelos del tipo litosol, rendzina y feozem calcárico (CETENAL, 1976b). En La Tapona se distribuyen suelos del tipo litosol y regosol eutrítico (CETENAL, 1977c). En La Ascensión ocurren rendzina y litosol (DETENAL, 1977b).

El tipo de clima presente para las poblaciones de Puerto Conejo, El Tejocote y Jamé es C(w1) del tipo templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12 y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C y temperatura del mes más caliente menor de 22°C. Para 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 entre -3 y 18°C, 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 Tapona 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 El Cañón 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 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). En el caso de La Tapona se presenta una vegetación secundaria de bosque de pino (INEGI, 2008). En La Ascensión ocurre bosque de pino y chaparral (DETENAL, 1979c).

2.1 Diseño de muestreo

El diseño de muestreo fue selectivo el cual consistió en seleccionar individuos de la especie que crecen de forma natural en competencia y que muestren ser árboles selectos para ser evaluados por el método de comparación de testigos, además se usó el método de selección individual en aquellos árboles que presentaran características fenotípicas deseables y que no tuvieran árboles testigos en su vecindad.

2.2 Selección de árboles

La selección de árboles se realizó con base en la comparación de árboles testigos y selección individual descrita por Rudolf (1974), Zobel y Talbert (1988) y Ipinza (1998).

Para comenzar con la selección del arbolado se realizó un recorrido por cada una de las poblaciones donde se tenía el antecedente de distribución de la especie de *Pinus greggii* var *greggii*. Los recorridos se realizaron entre los meses de agosto a noviembre de 2018 para las poblaciones de Cuauhtémoc, Sierra Hermosa, El Penitente, Tejocote y Puerto Conejo, mientras que, para las poblaciones de Cañón de los Lirios, La Tapona, Las Placetas, La Ascensión y Jamé los recorridos se hicieron entre los meses de enero a abril de 2019.

Durante los recorridos se utilizó un geoposicionador de la marca Garmin modelo 78s para determinar las coordenadas geográficas y la altitud de aquellos árboles sobresalientes considerados como candidatos porque presentaban las siguientes características: dominante, libre de plagas y enfermedades, producción de conos y buena rectitud del fuste.

Posteriormente, siete árboles georreferenciados que cumplieron con los requisitos antes mencionados, además que estuvieran separados por lo menos 100 metros, fueron considerados como árboles candidatos. Dichos árboles se sometieron a una evaluación al compararse con otros cinco árboles cercanos a los candidatos; estos últimos árboles sirvieron como árboles testigos. La evaluación se hizo con base en el formato (Anexo 1) del Manual Técnico para el Establecimiento de Ensayos de Procedencias y Progenies (Flores, López y Valencia, 2014).

Las variables dasométricas que se consideraron fueron tanto cuantitativas como cualitativas para hacer la comparación entre los árboles candidatos y los árboles testigos.

Las variables cuantitativas muestran la superioridad en crecimiento del individuo (Ipinza 1998). Por lo que, se midió la altura total de cada uno de los árboles candidatos y de los árboles testigos con un nivel Haga, además se les midió el diámetro normal (DN) a 1.30 m del suelo con una cinta diamétrica y con dicho valor del DN se estimó el área basal en metros cuadrados. La altura total se convirtió a un puntaje con base en la altura total del árbol candidato y la media de las alturas totales de los cinco árboles testigos aplicando la siguiente fórmula (Flores *et al.*, 2014):

$$\text{Altura (\%)} = \left[\left(\frac{\text{ATC}}{\text{APT}} * 100 \right) - 100 \right]$$

Dónde:

ATC = Altura total del candidato

APT = Altura promedio de los testigos

Con el valor en por ciento resultado de lo anterior se obtiene el puntaje con la siguiente escala de superioridad sobre los testigos considerando también la edad total del árbol candidato.

Altura (%)	Edad (años)		
	< 30	31-50	>51
<5	0	0	0
6 a 8	1	2	3
9 a 11	2	3	4
12 a 13	3	4	5
14 a 16	4	5	6
17 a 19	5	6	7
20 a 22	6	7	8
23 a 25	7	8	9
>26	8	9	10

El volumen fue otra de las variables de importancia para determinar la superioridad del árbol candidato, el cual se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Vol} = \left(\left(\text{DN}^2 \right) * \frac{\pi}{4} \right) * \text{Alt} * \text{CM}$$

Dónde:

DN= Diámetro normal en metros medido a 1.30 m del árbol

Alt= Altura total del árbol en metros

CM= Coeficiente mórfico el cual se determinó de 0.60 para fines de comparación de volumen entre los árboles testigos y árboles candidatos.

Al obtener el volumen del árbol candidato y los árboles testigos se aplica la siguiente fórmula para obtener el volumen en porcentaje (Flores *et al.*, 2014):

$$\text{Vol. (\%)} = \left[\left(\frac{\text{VC}}{\text{VPT}} * 100 \right) - 100 \right]$$

Dónde:

VC = Volumen del candidato

VPT = Volumen promedio de los testigos

Al resultado de lo anterior se aplica la siguiente regla, se otorga 1 punto al candidato por cada 10% que exceda a los testigos.

Si en las variables de altura total y volumen, el árbol candidato es inferior a los testigos, se restan puntos usando el mismo criterio que cuando es superior.

La edad total de los árboles, tanto de los siete candidatos como de los testigos en cada población, se estimó, primero, con base en la extracción de una viruta a 1.30 m de altura o altura del pecho (AP), para lo cual se usó un taladro de Pressler, y con el conteo de los anillos a esa altura se obtuvo la cantidad de años a 1.30 (CA1.30). Segundo, se buscaron cinco árboles juveniles, de al menos dos metros de altura y distribuidos en toda la población, a los que se les extrajo dos virutas, una a su base y la otra a la AP; con lo anterior, se determinó un promedio de la cantidad de años que tarda en crecer un árbol a la AP, dicho promedio se sumó al conteo de los anillos hecho a la AP en los árboles candidatos y testigos, y de esta forma determinar la edad total de los árboles.

Una vez obtenida la edad total de los árboles se aplica la siguiente regla para sancionar o dar puntos a esta variable: si el árbol candidato es más joven que el promedio de la edad total de los árboles testigos, recibe 1 punto por cada año, menos dos. Si la edad total del candidato supera con tres años o más de la del promedio de los testigos recibe 1 punto negativo por cada año más tres.

Las variables cualitativas se evaluaron bajo criterios determinados y sirven para dar puntaje o sancionar algunas características fenotípicas del árbol candidato.

La rectitud del fuste se evaluó con base a que el árbol podía ser considerado o no para ser candidato, la escala fue la siguiente: se calificó 0 para fustes torcidos, curvados o pandos, 1 para árboles con torceduras más que leves que impiden proyectarse hasta su ápice a través del fuste, 2 para árboles con más de una torcedura, 3 para árboles rectos con una leve torcedura, 4 para árboles perfectamente rectos. Con base en la anterior escala se consideraron árboles candidatos a partir de una rectitud de 2.5.

La poda natural se evaluó al comparar, visualmente, el árbol candidato con los testigos, considerando tanto ramas vivas como muertas, se otorgó de -2 a 2 puntos al árbol testigo dependiendo que tan inferior o superior era la poda del árbol candidato, finalmente, se sumó el puntaje de cada uno de los árboles testigos y se divide entre el número de testigos para tener el puntaje final que se asignó al candidato.

La conformación de la copa de los árboles candidatos se evaluó comparándola con la de los testigos, considerando su conformación, densidad del follaje, dominancia, radio y longitud; es una estimación subjetiva que va de -2 a 2 puntos que se asignan al testigo dependiendo que tan inferior o superior es la copa del árbol candidato contra el árbol testigo, finalmente, se sumó el puntaje de cada testigo y se divide entre el número de testigos para tener el puntaje final que se asignó al candidato.

Después de haber realizado la comparación se sumaron los puntos obtenidos de todas las variables dasométricas para finalmente registrar el puntaje total en superioridad del árbol selecto. Si en alguno de los árboles candidatos que se aceptaron presentaba un valor negativo en alguna de las variables dasométricas, pero el puntaje total resulta positivo, se dejaba como árbol superior.

Inicialmente se tenía como criterio llevar a cabo la selección de árboles con una distancia mínima de cien metros, sin embargo, los disturbios que presentaban los rodales dificultó la selección con dicha distancia y en algunos casos la distancia mínima fue de 60 metros, en cuyo caso se indica en el formato.

Se planteó inicialmente cinco árboles testigos para hacer la comparación con el árbol candidato, pese a ello, la fragmentación de los rodales debido a disturbios naturales y

antropogénicos no permitió apegarse en todos los casos a dicho número de árboles testigos, por lo que la comparación se realizó con el número de árboles testigos cercanos al árbol candidato siempre y cuando las edades fueran similares. Otros árboles candidatos se seleccionaron con base en el método de selección individual dado que presentaban las características fenotípicas deseables y que no se encontraban árboles cercanos para aplicarles el método de comparación de testigos.

Finalmente, después de haber hecho la selección, el árbol selecto se identificó con dos cinturones de pintura blanca en su tallo y con una letra G (*greggii*) y el número consecutivo correspondiente; los árboles testigos se identificaron con un cinturón de pintura blanca y el número de árbol testigo que representaba.

Resultado de la selección se obtuvo una ficha técnica para cada árbol selecto obteniendo un total de 70 fichas técnicas (Anexo 2), cada una de las fichas técnicas consta de cinco apartados de los cuales en el apartado 1 se registraron los datos del lugar, fecha, coordenadas y responsables de haber llevado a cabo la selección; el apartado 2 comprendió la evaluación de los árboles considerando tanto las variables dasométricas como de comparación; el apartado 3 comprendió el concentrado de los puntos obtenidos en cada una de las variables que se utilizaron para la comparación entre árbol candidato y testigo; el apartado 4 incluyó tres fotografías de identificación del árbol selecto, finalmente, en el apartado 5 se reportaron las observaciones del sitio y las coordenadas de los árboles testigos.

2.3 Procesamiento de datos

Para calcular el diferencial de selección con un tamaño de muestra representativo se agruparon las 10 poblaciones, para lo cual se integró una base de datos que incluyó las variables dasométricas evaluadas (altura total, diámetro normal, área basal, volumen, cantidad de anillos a 1.30 m (CA1.30 m), edad total, rectitud de fuste, puntaje total de superioridad y altitud), además, se incluyeron dieciocho variables bioclimáticas correspondientes a precipitación y temperatura, para cada uno de los árboles selectos (Anexo 3).

Las variables bioclimáticas se obtuvieron de Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas (CHELSA; <http://chelsa-climate.org/downloads/>) los archivos raster obtenidos se analizaron en el software ArcMap 10.5 donde se utilizó la herramienta Extract values to points para obtener los valores climáticos para cada árbol superior.

La base de datos compuesta por 27 variables se analizó con el procedimiento PROC PRINCOMP del Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1 (Anexo 4).

Posteriormente, se graficaron los valores del componente principal 1 en el eje de las ordenadas y el componente principal 2 en el eje de las abscisas, con SigmaPlot versión 10.0, para obtener la agrupación de las poblaciones.

Una vez hecha la agrupación de las poblaciones se calcularon tanto para los árboles selectos como para los árboles testigos medidas de tendencia central, la media, y de dispersión, tales como el rango, la varianza, la desviación estándar, el error estándar y el coeficiente de variación, de la altura total, del diámetro normal, del área basal, del volumen, de CA1.30,

de la edad total, de la rectitud del fuste y del puntaje total de superioridad, lo cual se hizo con el SAS ver. 9.1 (Anexo 5 y 6).

Con los datos obtenidos del análisis estadístico se calcularon los valores del diferencial de selección y la intensidad de selección. El diferencial de selección absoluto (D.S.A.) se obtuvo de la diferencia de las variables de interés económico (altura total, diámetro normal, área basal, volumen y rectitud del fuste) de los árboles selectos y los árboles testigos. La siguiente ecuación describe la obtención del D.S.A.:

$$D. S. A. = \bar{x}_s - \bar{x}_t$$

Dónde:

\bar{x}_s = Promedio de las variables de interés económico de los árboles selectos

\bar{x}_t = Promedio de las variables de interés económico de los árboles testigos

El diferencial de selección relativo (D.S.R.) se calculó de multiplicar el D.S.A. por 100 y el resultado dividirlo entre el promedio de las variables de interés económico de los árboles testigos, con base en la siguiente ecuación:

$$D.S.R.=(D.S.A.*100)/\bar{x}_t$$

Dónde:

D.S.A.= Diferencial de Selección Absoluto

\bar{x}_t = Promedio de las variables de interés económico de los árboles testigos

La intensidad de selección (I.S.) se calculó dividiendo D.S.A. entre la desviación estándar de las variables de interés económico de los árboles testigos, con base en la siguiente ecuación:

$$I.S.=(D.S.A./D.E.t.)$$

Dónde:

D.S.A.= Diferencial de Selección Absoluto

D.E.t.= Desviación Estándar de las variables de interés económico de los árboles testigos

3 RESULTADOS y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de componentes principales

En el análisis de componentes principales, inicialmente, se utilizaron las 27 variables evaluadas para reducir su número. El punto de inflexión en que ocurrió el contraste de caída fue en el componente 4, por lo cual la suma de los cuatro primeros componentes explicó el 84.33% de la variación total (Figura 1).

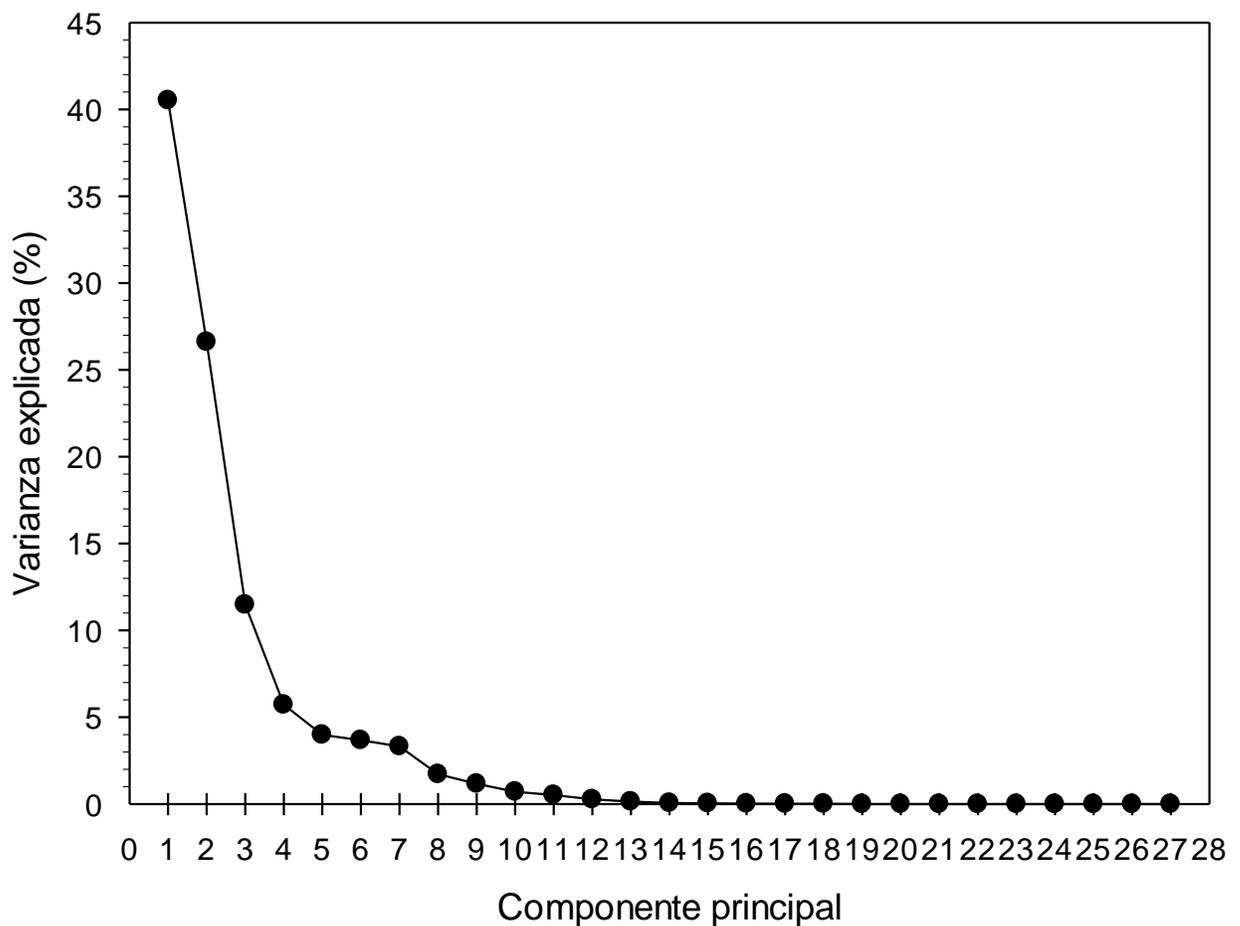


Figura 1. Varianza explicada por los componentes principales utilizando las 27 variables dasométricas y climáticas para la agrupación de las 10 poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* del noreste de México.

El componente principal 1 es el que explicó en mayor proporción la variación existente con un valor de 40.52%, el componente principal 2 reveló un 26.61%, mientras que los componentes 3 y 4 explicaron solo el 11.48 y 5.72%, respectivamente (Figura 1).

Las variables que más se relacionaron con el componente principal 1 son las variables climáticas como: proporción de la variación diaria con respecto al año (temperatura), precipitación anual y precipitación media mensual de los cuatro meses más secos; en el caso del componente principal 2 las variables que más se relacionaron fueron: media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más húmedos, media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más calientes y la media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más secos; asimismo, las variables dasométricas fueron las que más se relacionaron con el componente principal 3 tales como; volumen, diámetro normal y área basal; con respecto al componente principal 4, las variables con las que más se relacionó fueron puntaje total de superioridad, temporada de precipitación y altura total (Tabla 2).

Al procesar nuevamente los datos con las variables que más se correlacionaron con el primer procesamiento, se encontró que dos componentes explicaron el 98.33% de la varianza, siendo el componente principal 1 el que explicó la mayor parte de esta variación con un valor de 53.05%, mientras que el componente principal 2 explicó el 45.23% (Figura 2).

Las variables que más se relacionan con el componente principal 1 fueron, la temperatura media mínima del mes más frío, la media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más secos, la media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más fríos (Tabla 3).

Tabla 2. Coeficientes de correlación de las 27 variables, dasométricas y climáticas, con los cuatro primeros componentes que explicaron el 84.33% de la varianza para agrupar las diez poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* del noreste de México.

Variables	Componente Principal			
	1	2	3	4
Altura total	-0.178	-0.004	0.364	0.256
Diámetro normal	-0.184	0.121	0.367	-0.074
Área basal	-0.184	0.111	0.371	-0.104
Volumen	-0.191	0.064	0.407	-0.014
CA1.30	-0.243	0.085	0.209	-0.109
Edad Total	-0.248	0.082	0.205	-0.086
Rectitud del fuste	-0.003	0.049	-0.144	-0.197
Puntaje total de superioridad	0.01	-0.051	-0.006	0.610
Altitud	-0.209	-0.13	-0.165	-0.274
Temperatura media anual del aire	0.108	0.262	0.158	0.208
Temperatura media diurna del rango	-0.229	-0.201	-0.056	0.147
Proporción de la variación diurna con respecto al año	0.269	-0.02	0.032	-0.270
Temperatura media máxima del mes más caliente	-0.068	0.323	-0.127	0.196
Temperatura media mínima del mes más frío	0.155	0.316	-0.022	-0.033
Rango anual de la temperatura	-0.255	-0.123	-0.086	0.215
Media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más húmedos	0.066	0.351	-0.044	0.102
Media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más secos	0.129	0.332	-0.053	0.001
Media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más calientes	0.027	0.347	-0.077	0.151
Media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más fríos	0.127	0.332	-0.055	-0.003
Precipitación anual	0.261	-0.094	0.139	0.088
Precipitación del mes más lluvioso	0.241	-0.168	0.137	0.101
Cantidad de precipitación del mes más seco	0.251	-0.105	0.219	0.003
Temporada de precipitación	-0.058	-0.185	-0.126	0.345
Precipitación media mensual de los cuatro meses más húmedos	0.247	-0.156	0.138	0.111
Precipitación media mensual de los cuatro meses más secos	0.254	-0.099	0.215	-0.009
Precipitación media mensual de los cuatro meses más calientes	0.227	-0.139	0.121	-0.045
Precipitación media mensual de los cuatro meses más fríos	0.239	0.0003	0.207	0.007

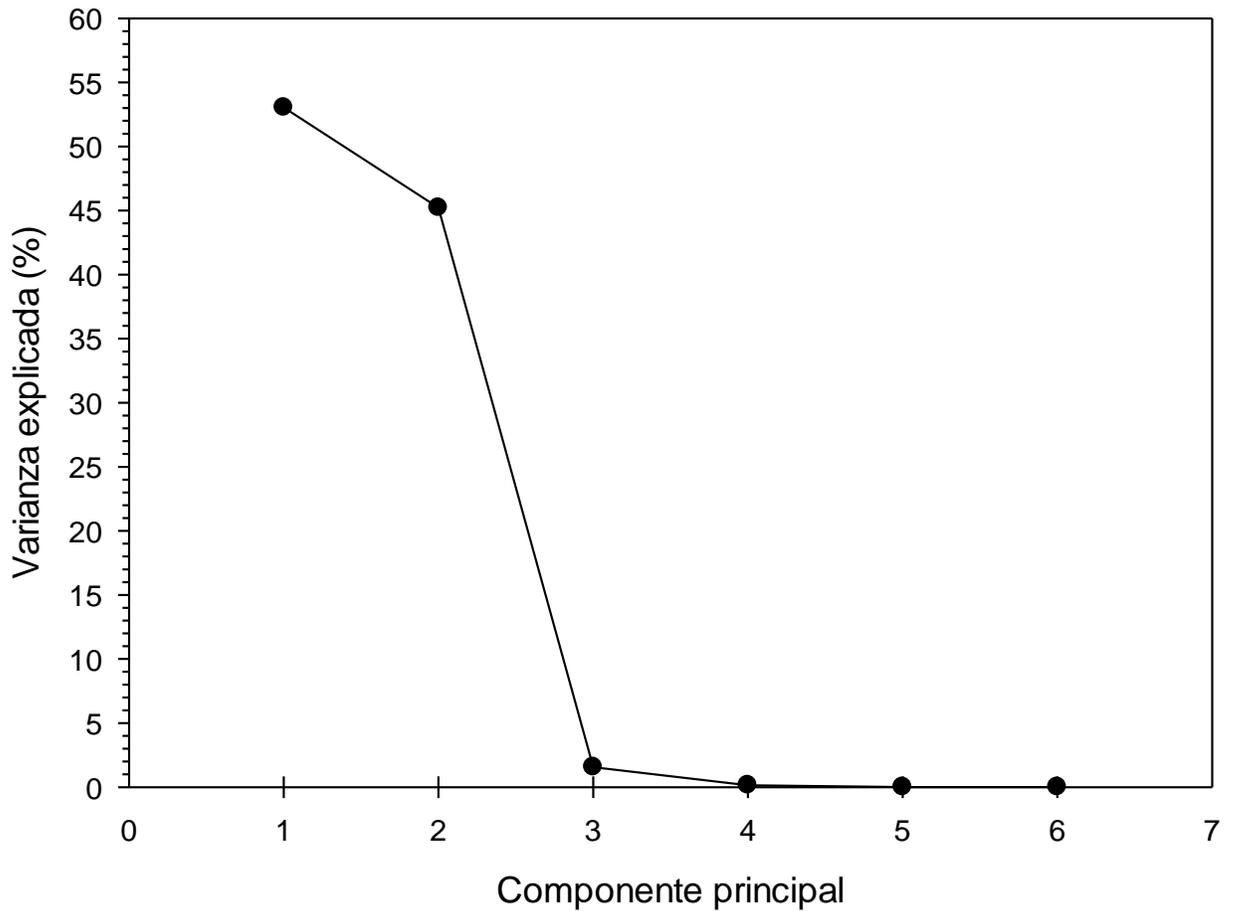


Figura 2. Varianza explicada por los componentes principales utilizando las seis variables climáticas que más se correlacionaron la agrupación de las 10 poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. Ex Parl. var. *greggii* del noreste de México.

Mientras que para el componente principal 2 fueron la precipitación anual, la precipitación del mes más lluvioso y la precipitación media mensual de los cuatro meses más húmedos (Tabla 3).

Tabla 3. Coeficientes de correlación de las seis variables climáticas con los dos primeros componentes que explicaron el 98.27% de la varianza para las diez poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* del noreste de México.

Variables	Componente Principal	
	1	2
Temperatura media mínima del mes más frío(Bio6)	0.464	-0.335
Media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más secos(Bio9)	0.440	-0.374
Media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más fríos(Bio11)	0.438	-0.377
Precipitación anual(Bio12)	0.395	0.404
Precipitación del mes más lluvioso(Bio13)	0.338	0.472
Precipitación media mensual de los cuatro meses más húmedos(Bio16)	0.356	0.466

3.2 Agrupación de las poblaciones

Para obtener la agrupación de las poblaciones, se graficaron los coeficientes de correlación del componente principal 1 en el eje de las ordenadas y el componente principal 2 en el eje de las abscisas; el componente principal 1 está mejor correlacionado con variables de temperaturas (Bio6, Bio9 y Bio11) y el componente principal 2 está correlacionado con variables de precipitación (Bio12, Bio13 y Bio16).

Las poblaciones evaluadas se agruparon de la siguiente manera: el grupo 1: Puecon, Tejo, Lir y Plac se encuentra en la parte positiva del componente principal 2 lo cual indica que dichas poblaciones están influenciadas mayormente por la precipitación anual, la precipitación del mes más lluvioso, así como por la precipitación media mensual de los cuatro meses más húmedos (Figura 3). El grupo 2: Jam, Pen, SH y Cua se posicionó en la parte negativa del componente principal 2 y en la parte negativa del componente principal 1

lo cual indica que este grupo se caracteriza por estar influenciado por menores valores de la precipitación anual, la precipitación del mes más lluvioso, así como de la precipitación media mensual de los cuatro meses más húmedos y por menores valores de la temperatura media mínima del mes más frío, de la media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más secos así como de la media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más fríos; el grupo 3 Tap y Asc se ubicó en la parte positiva del componente principal 1 y en la parte negativa del componente principal 2, esto indica que este grupo se encuentra en menores valores de la precipitación anual, de la precipitación del mes más lluvioso, así como por la precipitación media mensual de los cuatro meses más húmedos y en mayores valores de la temperatura media mínima del mes más frío, de la media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más secos, así como de la media diaria de la temperatura media en los cuatro meses más fríos.

En un estudio de zonificación de semillas, Hernández, López, Vargas y Jasso, (2007) emplearon el procedimiento CLUSTER opción estándar (EST) con nueve variables geográficas y biofísicas (latitud, longitud, elevación, temperatura media anual, precipitación media anual, clima, principal especie arbórea asociada, pH y textura de suelo) en Hidalgo; los autores encontraron que 44 poblaciones naturales de *Pinus greggii* var. *australis* Donahue et Lopez, se separaron en dos zonas, la zona uno, está influenciada por precipitaciones medias anuales de 600 a 1200 mm y temperaturas medias anuales de 14 y 19 °C, mientras que la zona dos, está influenciada por precipitaciones medias anuales de 1300 a 2500 mm y temperaturas medias anuales de 17 y 21.5 °C; lo anterior es similar a lo encontrado en este estudio, ya que seis variables climáticas de precipitación y temperatura

permitieron agrupar las 10 poblaciones de *Pinus greggii* var. *greggii*, de este estudio, en tres grupos.

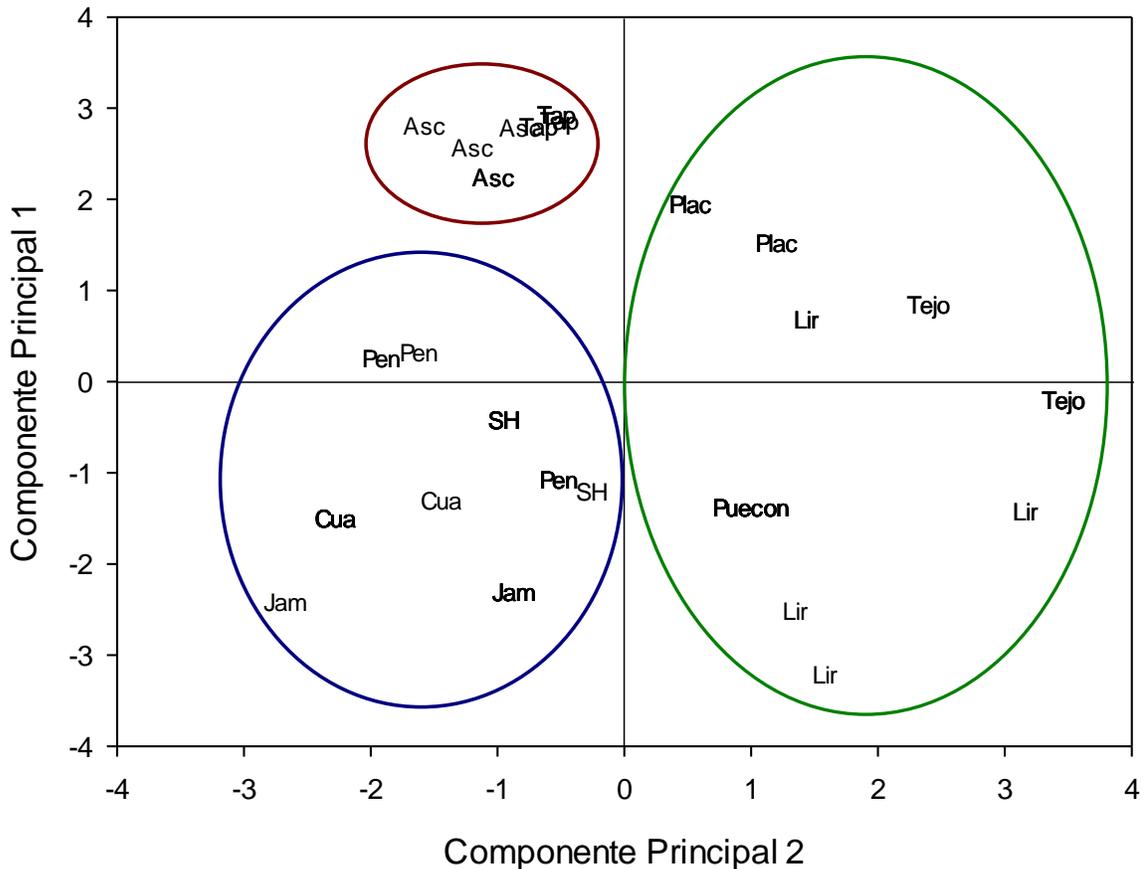


Figura 3. Componentes principales 1 y 2 que corresponden a variables climáticas de precipitación y temperatura para la agrupación de las 10 poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* del noreste de México.

El grupo 1 (Puecon, Tejo, Lir y Plac) se constituyó con un total de 26 árboles selectos, cabe señalar que dos árboles ubicados, inicialmente, en la población de Los Lirios se reubicaron en la población de Jamé debido a las condiciones similares de precipitación y temperatura en que se localizaban esos árboles con la población de Jamé. El valor medio de la altura

total de los árboles selectos en el grupo 1 es regular para la especie (Tabla 4), pese a ello el valor medio del diámetro normal (DN) fue bueno, los rangos fueron de 27.00 a 62.50 cm, lo cual se tradujo en buenos valores estimados tanto en el área basal como en el volumen; los rangos de la edad total de este grupo van desde 27 a 103 años esto se debe a que en la población de las Placetas (Plac) la mayoría de los árboles selectos fueron de edades jóvenes debido a la incidencia de un incendio forestal en el año 1982 (José Mario Bracamontes Corphus comunicación personal); los valores medios de rectitud del fuste 3.15 y de puntaje total de superioridad 13.76 indican que este grupo presenta árboles selectos con buen potencial genético; el número de árboles (n) es menor en la variable puntaje total de superioridad, ya que la metodología de comparación por testigos se aplicó a 17 de los 26 árboles selectos que conforman este grupo, los otros nueve árboles se seleccionaron con base en el método de selección individual (Tabla 4).

Tabla 4. Valores medios y rango de las variables dasométricas de árboles selectos correspondientes al grupo 1 (Puecon, Tejo, Lir y Plac) de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* en el noreste de México.

Variable	n	Mínimo	Medio	Máximo	D. E.	E. E.	C. V. %
Altura total (m)	26	9.50	18.30	26.00	4.83	0.95	26.42
DN (cm)	26	27.00	40.75	62.50	9.54	1.87	23.41
AB (m ²)	26	0.0573	0.1373	0.3068	0.07	0.01	48.13
Volumen (m ³)	26	0.3607	1.6339	4.6940	1.10	0.22	67.17
CA1.30 (Años)	26	18	55	93	22	4.28	39.89
Edad total (Años)	26	27	64	103	22	4.28	34.16
Rectitud del fuste	26	2.50	3.15	4.00	0.51	0.10	16.02
Puntaje total de superioridad	17	6.00	13.76	24.80	6.06	1.47	44.07

n=número de árboles; D.E.=Desviación Estándar; E.E.=Error Estándar; C.V.=Coeficiente de Variación; DN=Diámetro Normal; AB=Área Basal; CA1.30=Cantidad de Años evaluado a 1.30 metros del árbol.

El grupo 2 (Jam, Pen, SH y Cua) se conformó por 30 árboles selectos; el valor medio de la altura total es regular para la especie; el valor medio del diámetro normal (DN) es bueno con rangos de 28.90 a 55.10 cm (Tabla 5); los valores de altura total y diámetro normal se traducen en buenos valores estimados de área basal y volumen; el promedio de la edad total muestra que los árboles selectos son maduros; los valores medios de rectitud de fuste 3.20 y puntaje total de superioridad 14.37 indican que los árboles selectos de este grupo tienen buen potencial genético; cabe mencionar que en la población el Penitente (Pen) se observó que el suelo era poco profundo con afloraciones rocosas y con exposición hacia el sur, dichas características ocasionan un ambiente seco poco favorable para el crecimiento de los árboles; el número de árboles (n) es menor en la variable puntaje total de superioridad, ya que la metodología de comparación por testigos se aplicó a 20 de los 30 árboles selectos que conforman este grupo, los otros 10 árboles selectos se seleccionaron con base en el método de selección individual (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de las variables dasométricas de árboles selectos correspondientes al grupo 2 (Jam, Pen, SH y Cua) de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* en el noreste de México.

Variable	n	Mínimo	Medio	Máximo	D. E.	E. E.	C.V.%
Altura total (m)	30	11.00	18.53	26.00	3.81	0.70	20.58
DN (cm)	30	28.90	44.46	55.10	7.68	1.40	17.27
AB (m ²)	30	0.0656	0.1597	0.2384	0.05	0.01	33.02
Volumen (m ³)	30	0.4329	1.8440	3.3224	0.84	0.15	45.36
CA1.30 (Años)	30	41	76	124	27	4.94	35.57
Edad total (Años)	30	53	85	133	26	4.80	30.77
Rectitud del fuste	30	2.50	3.20	4.00	0.41	0.07	12.71
Puntaje total de superioridad	20	7.50	14.37	29.50	5.28	1.18	36.70

n=número de árboles; D.E.=Desviación Estándar; E.E.=Error Estándar; C.V.=Coeficiente de Variación; DN=Diámetro Normal; AB=Área Basal; CA1.30=Cantidad de Años evaluado a 1.30 metros del árbol.

El grupo 3 (Tap y Asc) se conformó por 14 árboles selectos; el valor medio de la altura total para este grupo es regular para la especie (Tabla 6); sin embargo, la media del diámetro normal (DN) es buena con rangos de 29.00 a 52.20 cm; los valores medios del área basal y volumen son regulares; el promedio de la edad total de los árboles selectos 68 años muestra que la mayoría de los árboles eran maduros, sin embargo, los rangos 36 a 116 años indican algunos árboles jóvenes principalmente en la población de La Tapona (Tap); los valores medios de rectitud del fuste 3.18 y puntaje total de superioridad 14.68 muestran que los árboles selectos en este grupo tienen buen potencial genético principalmente los árboles selectos pertenecientes a la población de La Tapona (Tap) en donde se aplicó el método de comparación de testigos en cinco árboles; cabe mencionar que la población de La Ascensión (Asc) se encontraba muy fragmentada debido a la incidencia de un incendio forestal en el año 1998 (Antonio Luna Quiroz, comunicación personal), por lo que en esta población solo se aplicó el método de selección individual (Tabla 6).

Con base en los valores medios, en el grupo 1 (Puecon, Tejo, Lir y Plac) se ubicaron los árboles selectos con menor edad, el puntaje total de superioridad y la rectitud de fuste son menores a diferencia de los otros dos grupos; el grupo 2 (Jam, Pen, SH y Cua) se caracterizó con respecto a valores promedio, con la mayor altura, el mayor diámetro y por ende la mayor área basal y volumen, también se presenta la mayor edad y mayor rectitud del fuste, el puntaje total de superioridad es intermedio entre los dos grupos; en el grupo 3 (Tap y Asc) se presentaron los menores tamaños tanto en altura total como en diámetro normal, la rectitud de fuste es intermedio entre los tres grupos, en este grupo se presenta el mayor puntaje total de superioridad, sin embargo, esto último no puede ser tan

representativo, ya que de los 14 árboles selectos que conforman el grupo solo en cinco se logró llevar a cabo la comparación por testigos.

Tabla 6. Valores de las variables dasométricas de árboles selectos correspondientes al grupo 3 (Tap y Asc) de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* en el noreste de México.

Variable	n	Mínimo	Medio	Máximo	D. E.	E. E.	C.V.%
Altura total (m)	14	9.50	14.36	19.00	2.81	0.75	19.58
DN (cm)	14	29.00	40.06	52.20	6.86	1.83	17.11
AB (m ²)	14	0.0661	0.1295	0.2140	0.04	0.01	34.41
Volumen (m ³)	14	0.3764	1.1523	2.0626	0.53	0.14	45.64
CA1.30 (Años)	14	28	59	107	26	6.92	43.50
Edad total (Años)	14	36	68	116	26	6.97	38.38
Rectitud del fuste	14	2.50	3.18	3.50	0.37	0.10	11.72
Puntaje total de superioridad	5	2.50	14.68	22.50	7.73	3.45	52.63

n=número de árboles; D.E.=Desviación Estándar; E.E.=Error Estándar; C.V.=Coeficiente de Variación; DN=Diámetro Normal; AB=Área Basal; CA1.30=Cantidad de Años evaluado a 1.30 metros del árbol.

3.3 Diferenciales de selección absoluto y relativo, e intensidad de selección

Con relación al valor más alto de diferencial de selección absoluto (D.S.A.) en el grupo 1 (Puecon, Tejo, Lir y Plac) se encontró en el volumen de los árboles selectos con 0.9437 m³ (Tabla 7), asimismo el diferencial de selección relativo (D.S.R.) con respecto a la media de los árboles testigos en ese grupo fue de 136.73% y la intensidad de selección (I.S.) fue de 1.6 de esa misma variable; en contraste, el valor más bajo de D.S.A. se encontró en la altura total con 3.98 m, un D.S.R de 27.81% y 1.11 de I.S.; en todas las variables de interés económico se encontraron resultados mayores a una desviación estándar en la I.S. lo cual indica que se puede obtener alta ganancia genética seleccionando los mejores fenotipos de las poblaciones que conforman este grupo.

Tabla 7. Diferenciales de selección absoluto (D.S.A.) y relativo (D.S.R.) e intensidad de selección (I.S.) para el grupo 1 (Puecon, Tejo, Lir y Plac) con base en variables dasométricas cuantitativas y cualitativas de árboles selectos y testigos de *Pinus greggii* ex Parl. var *greggii* en el noreste de México.

Variables	Árboles testigos (n=61)			Árboles selectos (n=26)			D.S.A.	D.S.R. %	I.S.
	Media	D.E.	C.V.%	Media	D.E.	C.V.%			
Altura total (m)	14.32	3.58	24.99	18.30	4.83	26.42	3.98	27.81	1.11
DN (cm)	29.75	7.52	25.27	40.75	9.54	23.41	11.00	37.00	1.46
AB (m ²)	0.0739	0.0416	56.36	0.1373	0.0661	48.13	0.0634	86.00	1.52
Volumen (m ³)	0.6902	0.5873	85.10	1.6339	1.0975	67.17	0.9437	136.73	1.61
Rectitud del fuste	2.37	0.68	28.81	3.15	0.51	16.02	0.78	33.13	1.15

D.E.=Desviación Estándar; C.V.=Coeficiente de variación; DN=Diámetro Normal; AB=Área Basal; D.S.A.=Diferencial de Selección Absoluto; D.S.R.=Diferencial de Selección Relativo; I.S.=Intensidad de Selección.

Santiago (2004) empleó las metodologías de comparación de testigos y selección individual para seleccionar árboles de *Pinus arizonica*, en Madera, Temosachic, Ocampo, Guazapares, Uruachi, Bocoyna, Guadalupe y Calvo y Guachochi, Chihuahua; dicho autor seleccionó un total de 200 árboles de los cuales separó los 20 mejores con base en el puntaje de superioridad; así mismo el autor comparó los 20 mejores árboles con 1341 árboles como población original y determinó una I.S. para altura, diámetro, volumen y rectitud de fuste del orden de 1.25, 1.01, 1.27, 0.92, respectivamente. Similarmente, Cepeda (2004) empleó la metodología de comparación de testigos para seleccionar árboles de *Pinus durangensis*, en Madera, Ocampo, Guerrero, Urique, Guazapares, Bocoyna, Guachochi, Guadalupe y Calvo y Batopilas, Chihuahua; este último autor seleccionó 149 árboles de los cuales separó los mejores 20 árboles con base en el puntaje total de superioridad; además Cepeda (2004) comparó esos 20 árboles con 793 árboles como población original y determinó una

I.S. para la altura, el diámetro normal y el volumen del orden de 0.89, 0.90 y 1.01, respectivamente.

Balcorta-Martínez y Vargas-Hernández (2004) emplearon la metodología de comparación de testigos para seleccionar árboles de *Gmelina arborea*, en una plantación de tres años de edad en Escárcega, Campeche; los autores seleccionaron 35 árboles de los cuales separaron con base en el puntaje total de superioridad los 20 mejores árboles; dichos autores compararon los 20 mejores árboles con 1578 árboles como población original; los autores determinaron valores de D.S. donde destaca el volumen con 0.056 m³, altura 3.8 m, diámetro normal 4.5 cm, rectitud del fuste 2.4, ángulo de inserción de ramas 4.4°, densidad de la madera 0.003 g cm⁻³, diámetro de copa 0.3 m y diámetro de ramas 2.9 cm. Otro estudio hecho por Martínez (2018) empleó la metodología de comparación de testigos para seleccionar árboles en dos plantaciones de *Cedrela odorata* de 20 y 17 años en Pochutla, Oaxaca; dicho autor seleccionó 143 árboles de los cuales separó los 20 mejores árboles con base en el puntaje de superioridad; el autor comparó los 20 mejores árboles con 572 árboles como población original y determinó una I.S. para altura, diámetro, volumen, copa, rectitud de fuste y poda natural del orden de 0.74, 0.86, 1.04, 0.58, 0.26, 0.72, respectivamente.

Los resultados de los trabajos anteriores son similares a los encontrados en el grupo 1 en este estudio, ya que la mayor I.S. se generó en el volumen, por lo tanto, se espera obtener una ganancia significativa en dicha variable; en contraste con los estudios de Santiago (2004) y Martínez (2018) con el grupo 1, se obtuvo una I.S. mayor una desviación estándar en la rectitud del fuste, por lo cual se espera obtener progenies con mayor rectitud del fuste a diferencia de los árboles testigos, lo anterior es de gran importancia, ya que desde un

punto de vista económico la calidad del fuste de los árboles aumenta el valor económico para aprovechamientos maderables (Hocker, 1984).

En el grupo 2 (Jam, Pen, SH y Cua) el valor más alto del D.S.A. se generó en la rectitud del fuste con 1.35 puntos con respecto a la media de los árboles testigos (Tabla 8), el D.S.R. representó el 73.20% y en esta misma variable se logró una I.S. de 1.53 con respecto a la desviación estándar de los árboles testigos; el valor más bajo del D.S.A. se obtuvo en la altura total con 0.98 m con respecto a la media de los árboles testigos un D.S.R. de 5.59% y una I.S. de 0.29 de la altura total. En contraste con lo reportado por Santiago (2004) y Martínez (2018) con respecto al grupo 2 se presentó una I.S. mayor a una desviación estándar en la rectitud del fuste, ya que la rectitud de fuste es una característica de heredabilidad media (Ladrach y Lambeth, 1988); se puede obtener una alta ganancia genética seleccionando los mejores fenotipos que conforman este grupo, Hocker (1984) menciona la importancia económica que tiene la calidad de los fustes en los árboles para aprovechamiento maderable.

En el grupo 3 (Tap y Asc) el valor más alto D.S.A. ocurrió en la rectitud del fuste con 0.68 puntos con respecto a la media de los árboles testigos (Tabla 9), el D.S.R. es de 27.14% y la I.S. es de 1.36; el valor más bajo del D.S.A. se obtuvo en la altura total con 1.12 m con respecto a la media de los árboles testigos, un D.S.R. de 8.44% y una I.S. de 0.57. En comparación con los resultados obtenidos por Santiago (2004) y Martínez (2018), el grupo 3 presentó una I.S. mayor a una desviación estándar en la rectitud del fuste, dado que la rectitud del fuste es una característica de heredabilidad media (Ladrach y Lambeth, 1988), por lo que, similarmente al grupo 2, al seleccionar los mejores árboles selectos de este grupo 3 se puede obtener alta ganancia genética usando dicha variable.

Tabla 8. Diferenciales de selección absoluto (D.S.A.) y relativo (D.S.R.) e intensidad de selección (I.S.) para el grupo 2 (Jam, Pen, SH y Cua) con base en variables dasométricas cuantitativas y cualitativas de árboles selectos y testigos de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var *greggii* en el noreste de México.

Variables	Árboles testigos (n=82)			Árboles selectos (n=30)			D.S.A.	D.S.R. %	I.S.
	Media	D.E.	C.V.%	Media	D.E.	C.V.%			
Altura total (m)	17.55	3.42	19.51	18.53	3.81	20.58	0.98	5.59	0.29
DN (cm)	38.15	7.29	19.12	44.46	7.68	17.27	6.30	16.52	0.86
AB (m ²)	0.1185	0.0441	37.25	0.1597	0.0527	33.02	0.0412	34.77	0.93
Volumen (m ³)	1.3098	0.6823	52.09	1.8440	0.8364	45.36	0.5342	40.78	0.78
Rectitud del fuste	1.85	0.88	47.86	3.20	0.41	12.71	1.35	73.20	1.53

D.E.=Desviación Estándar C.V.=Coeficiente de variación DN=Diámetro Normal; AB=Área Basal; D.S.A.=Diferencial de Selección Absoluto; D.S.R.=Diferencial de Selección Relativo; I.S.=Intensidad de Selección.

Tabla 9. Diferenciales de selección absoluto (D.S.A.) y relativo (D.S.R.) e intensidad de selección (I.S.) para el grupo 3 (Tap y Asc) con base en variables dasométricas cuantitativas y cualitativas de árboles selectos y testigos de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var *greggii* en el noreste de México.

Variables	Árboles testigos (n=23)			Árboles selectos (n=14)			D.S.A.	D.S.R. %	I.S.
	Media	D.E.	C.V. %	Media	D.E.	C.V. %			
Altura total (m)	13.24	1.95	14.71	14.36	2.81	19.58	1.12	8.44	0.57
DN (cm)	34.98	6.30	18.00	40.06	6.86	17.11	5.08	14.53	0.81
AB (m ²)	0.0991	0.0380	38.38	0.1295	0.0446	34.41	0.0304	30.68	0.80
Volumen (m ³)	0.8050	0.3746	46.54	1.1523	0.5260	45.64	0.3473	43.14	0.93
Rectitud del fuste	2.50	0.50	20.00	3.18	0.37	11.72	0.68	27.14	1.36

D.E.=Desviación Estándar C.V.= Coeficiente de variación. DN=Diámetro Normal; AB=Área Basal; D.S.A.=Diferencial de Selección Absoluto; D.S.R.=Diferencial de Selección Relativo; I.S.=Intensidad de Selección.

Las poblaciones de *Pinus greggii* var *greggii* se encuentran en proceso de alteración por causas antropogénicas y naturales, originando poblaciones fragmentadas y aisladas, por lo

tanto un reducido número de individuos de la especie (Ramírez-Herrera *et al.*, 2005), lo anterior se pudo verificar en campo, ya que nueve de las 10 poblaciones evaluadas presentaron algún grado de alteración de procesos ecológicos por los recurrentes incendios en las poblaciones, aunado a las actividades antropogénicas que en conjunto, seguramente, han distorsionado procesos genéticos, lo cual limitó el número de árboles con características deseables para ser árboles selectos; lo anterior en contraste con Santiago (2004) y Cepeda (2004) donde *Pinus durangensis* y *Pinus arizonica*, presentan una amplia distribución en los estados de Chihuahua y Durango (Perry, 1991; Martínez, 1992).

Mohd *et al.* (2017) emplearon la metodología de comparación de testigos para seleccionar árboles de *Pinus wallichiana* en Lidder, Pirpanjal, Shopian, Sindh y Kamraj, India; los autores seleccionaron 88 árboles de los cuales con base en el puntaje de superioridad separaron los 11 mejores árboles; dichos autores compararon los 11 mejores árboles con 440 árboles testigos y determinaron el D.S.R. donde destaca el volumen 13.96%, la altura total 9.29%, la circunferencia a la altura de pecho 7.08%, el diámetro a la altura de pecho 6.62% y la longitud de la copa -8.81%. Lo reportado por Mohd *et al.* (2017) es similar a lo encontrado en el grupo 3 (Tabla 9), ya que el mayor D.S.R. ocurrió en el volumen.

4 CONCLUSIONES

Para el presente estudio, se concluye que:

- Se seleccionaron 42 árboles por el método de comparación de testigos.
- Se seleccionaron 28 árboles por el método de selección individual.
- Se calculó el diferencial de selección para la altura total, diámetro normal, área basal, volumen y rectitud del fuste.
- Se rechaza la hipótesis nula con respecto a que la intensidad de selección es menor una desviación estándar en las variables medidas tales como altura total, diámetro normal, área basal, volumen y rectitud del fuste, ya que en el grupo 1 la intensidad de selección fue mayor a una desviación estándar en las cinco variables estudiadas, en cambio en los grupos 2 y 3 el diferencial de selección fue solo mayor a una desviación estándar en la rectitud del fuste.
- El valor más alto de la intensidad de selección (1.61) se encontró en el volumen de los árboles del grupo 1, de manera similar el siguiente valor más alto ocurrió en la rectitud del fuste (1.53 y 1.36) en los grupos 2 y 3, respectivamente.
- El valor más bajo de la intensidad de selección (1.11, 0.29 y 0.57) se encontró en la altura total de los árboles en los tres grupos, 1, 2 y 3, respectivamente.

5 RECOMENDACIONES

Para reforzar este estudio se recomienda:

- Ampliar la base de comparación estableciendo sitios de muestreo en las 10 poblaciones de *Pinus greggii* var. *greggii*.
- Hacer la caracterización de la composición de especies, estructura vertical y horizontal, densidad y área basal en las 10 poblaciones de *Pinus greggii* var. *greggii*.
- Hacer la zonificación de semillas de *Pinus greggii* var. *greggii* en el noreste de México.
- Elaborar un mapa digital de las 10 poblaciones estudiadas que contenga tablas de atributos con toda la información necesaria que caracterice los árboles seleccionados y la población.
- Aplicar el método de comparación de testigos donde sea posible, ya que permite hacer una selección más estricta en contraste con los métodos de regresión lineal y selección individual.
- Establecer contacto con los poseedores de los terrenos forestales para ubicar rodales o arbolado objeto de selección.
- Llenar y entregar a la autoridad correspondiente los permisos y formatos para el acceso y la colecta de conos y muestras botánicas.
- Colectar muestras botánicas de los árboles selectos y almacenarlas en un herbario con su respectiva clave de identificación.

6 REFERENCIAS

- Aldrete A., Mexal G. J. y López-Upton, J. (2005). Variación entre procedencias y respuesta a la poda química en plántulas de *Pinus greggii*. *Agrociencia* 39: 563-574.
- Antonio Luna Quiroz, comunicación personal (2019), dueño del paraje “El Cañón” Ejido La Ascensión, Aramberri, Nuevo León.
- Balcorta-Martínez, H. y Vargas-Hernández, J.J. (2004). Variación fenotípica y selección de árboles en una plantación de *Gmelina arborea* Linn. *Revista Chapingo, Serie ciencias forestales y del ambiente México* 9(2):13-19.
- Cepeda, V., M. (2004). Variación fenotípica de árboles selectos de *Pinus durangensis* Martínez. en Chihuahua. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.
- CETENAL. (1976a). Carta Geológica. G14C35. Escala 1:50,000. México.
- CETENAL. (1976b). Cartas Geológica y Edafológica. G14C34. 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. (1977c). Carta Edafológica. G14C66. Escala 1:50,000. México
- CETENAL. (1977d). Carta Geológica. G14C87. Escala 1:50,000. México.
- 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.
- Eguiluz, P. T. (1982) Clima y distribución del género *Pinus* en México. *Ciencia Forestal* 7: 30-44.
- Falconer, D. S. (1990). Introducción a la genética cuantitativa. México, D.F.: Compañía Editorial Continental.
- Flores, L. C., López, U. J. y Valencia, M. S. (2014). Manual técnico para el establecimiento de ensayos de procedencias y progenies. Comisión Nacional Forestal, Zapopan Jalisco, México.
- Hernández-Martínez, J., López, U. J., Vargas H. J., Jasso, M. J. (2007). Zonas semilleras de *Pinus greggii* var *australis* Donahue et Lopez en Hidalgo, México. *Fitotecnia Mexicana*. 30(3) 241-248.
- Hocker Jr., H.W. (1984). Introducción a la biología forestal. AGT Editor S.A. México.
- INEGI. 2008. Conjunto de Datos vectoriales Climatología 1:100000. México.
- Ipinza, C. R., (1998). Mejoramiento genético forestal. Santa fe de Bogotá, Colombia. Serie técnica no. 42.
- José Mario Bracamontes Corphus, comunicación personal (2019), Comisariado Ejidal del ejido 18 de marzo, Galeana, Nuevo León.

- Kietzka, J. E., Denison, N. P., Dvorak, W. S. (1996). *Pinus greggii* a promising new species for South-Africa. In: Tree Improvement for Sustainable Tropical Forestry. Dieters M J, A C Matheson, A G Nikles, C E Harwood and S M Walker (eds). QFRI-IUFRO. Queensland, Australia.
- Ladrach, W. E. y C. Lambeth. 1988. Growth and heretability estimates for a seven-year-old open-pollinated *Pinus patula* progeny test in Colombia. *Silvae Genetica*. 40:169-173.
- López L., M. y Valencia M., S. (2001). Variación de la densidad de la madera de *Pinus greggii* Engelm. del norte de México. *Madera y Bosques*. 7: 37-46.
- López-Upton, J. y Donahue, J. K. (1995). Seed production of *Pinus greggii* Engelm. in natural stands in Mexico. *Tree Planters Notes*. 46: 86-92.
- López U., J., Jasso M., J., Vargas H., J. y Ayala S., C. (1993). Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii*. *Agrociencia*, 3: 81-95.
- Martínez, M. (1992). *Los Pinos Mexicanos* México, D.F. Editorial Botas. S.A. DE C.V.
- Martínez, J. (2018). Variación fenotípica y selección de árboles de *Cedrela odorata* L. en Plantaciones comerciales en San José Chacapala, Pochutla, Oaxaca. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila.
- Mohd, A., Syed A., Muzafar, A. B., Parvaiz A. R., Khuraijam, J.S., Zafar A. R., Siddiqi, T. O. (2017). Plus tree selection and their seed germination in *Pinus wallichiana* A.B.Jackson from Kashmir Himalaya, India - an approach basic and fundamental in genetic tree improvement of the species. *NeBIO*, 8(4) 279-286.

- Muñoz F., H., J., Orozco G., G., Coria A., V., M., Muñoz V., Y. y García M., J. (2012). Comparación de dos métodos de selección de árboles superiores en un área semillera de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schltld. et Cham. En Michoacán, México. *Foresta Veracruzana*, 14(1):1-8.
- Parraguirre C., L., Vargas H., J., Ramírez V., P., Azpíroz R., H. y Jasso M., J., (2002). Estructura de la diversidad genética en poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. *Fitotecnia Mexicana*. 25:279-287.
- Patiño F. (1975). Producción de semillas forestales *Bosques y Fauna*, XII: 41-45.
- Perry Jr., J. P. (1991). *The Pines of Mexico and Central America*. Timber Press. Portland, Oregón, USA.
- Ramírez-Herrera, C., Vargas-Hernández, J. y López-Upton, J. (2005) Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. *Acta Botánica Mexicana* 72(1) 1-16.
- Rudolf, P. O. (1956) *Guide for selecting superior forest trees and stands in the lake states*. Station Paper No. 40. Lake States Forest Experiment Station, USDA-Forest Service.
- Santiago, P. R. (2004). Variación fenotípica de árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. en Chihuahua. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.
- 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.

Virginia, de A. A., Valderes, de S. A., Yukio, S. J. (2010). Selección genética de progenies para la formación de huertos semilleros. *Pesquisa Florestal Brasileira* 30(1) 107-117.

Zobel, B. J. y Talbert J. P. (1988). Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Ed. Limusa. México, D.F.

7 ANEXOS

Anexo 1. Formato para la evaluación de árboles selectos

FORMATO PARA SELECCIONAR ÁRBOLES

I.- Datos generales:

Especie _____	No. De árbol _____		
Tipo de rodal _____ Natural ___ Plantación	No. De rodal _____	Edad _____	
Estado _____	Municipio _____	Poblado _____	
Propiedad _____	Paraje _____	Empresa _____	
Altitud _____	Latitud _____	Longitud _____	
Seleccionador _____		Fecha _____	

II.- Evaluación de los árboles: Mediciones de los mejores 5 árboles dominantes testigos.

Características del árbol candidato

1. Altura (m)..... _____

1.1 Altura Máximo Diam Copa (m).. _____

1.2 Altura Primera rama viva (m)... _____

2. D.A.P. (cm)..... _____

2.1 Radio de la albura..... _____

3. Volumen (m3)..... _____

4. Copa..... _____

4.1 Diámetro de la copa (m).... _____

5. Rectitud del fuste..... _____

6. Poda natural..... _____

7. Ajuste por edad..... _____

*Suma de puntaje de 4 a 7 _____

Testigo	Altura	D.A.P	Volumen	Edad
1				
2				
3				
4				
5				
Total				
Media				

III.- Caracterización de puntajes:

IV. Mapa de ubicación del árbol candidato.

Carácter	Candidato	Testigo	Puntaje de candidato
Volumen			
Altura			
Peso Espec.			
Puntaje*			
PUNTAJE TOTAL			

V. Fotografías del árbol selecto

VI. Observaciones:

Instrucciones para otorgar el puntaje al candidato:

$$1. \text{Altura \%} = \left[\left(\frac{Ac}{At} * 100 \right) - 100 \right]$$

Ac = Altura del candidato

At = Altura \bar{x} de los testigos

Con el resultado de esta fórmula se obtiene el puntaje con la siguiente escala de superioridad, sobre el predio de los testigos.

Altura %	Edad (años)		
	< 30	31-50	>51
<5	0	0	0
6 a 8	1	2	3
9 a 11	2	3	4
12 a 13	3	4	5
14 a 16	4	5	6
17 a 19	5	6	7
20 a 22	6	7	8
23 a 25	7	8	9
>26	8	9	10

2.- Diámetro a la altura del pecho. A 1.3 m de nivel de suelo perpendicular a la pendiente.

$$3.- \text{Volumen \%} = \left[\left(\frac{Vc}{Vt} * 100 \right) - 100 \right]$$

Vc = Volumen del candidato.

Vt = Volumen \bar{x} de los testigos.

Se otorga 1 punto al candidato por cada 10% que exceda a los testigos.

4.- Copa. Debe evaluarse comparándola con la de los testigos, considerando su conformación, densidad del follaje, dominancia, radio y longitud; es una estimación subjetiva que va de -2 (para copas malas) al 2 (para las mejores).

5.- Rectitud del fuste. Se evalúa individualmente para cada candidato, sin considerar los testigos. Se califica del cero (par fustes torcidos, curvados o pandos) al 4 (para fustes perfectamente retos).

6.- Poda natural. Se evalúa comparando al candidato, visualmente, con los testigos, considerando tanto ramas vivas como muertas. El promedio de los testigos vale cero y se otorgan de 1 a 3 puntos por la superioridad del candidato.

7.- Ajuste por edad. Si el candidato es más joven que el promedio de los testigos, recibe 1 punto por cada año, menos dos. Si la edad del candidato supera con tres años o más de la del promedio de los testigos recibe 1 punto negativo por cada año más tres.

NOTAS: _____

- A) Si en los caracteres de altura, volumen, copa y poda, el candidato es inferior a los testigos, se le restan puntos usando el mismo criterio que cuando es superior. Normalmente si un árbol tiene puntaje negativo en más de un carácter, se rechaza.
- B) Ningún candidato deberá presentar síntomas de ataques de plagas o enfermedades; bifurcaciones, etc.
- C) La búsqueda de candidatos deberá realizarse sistemáticamente en todos los mejores rodales que representen las diferentes calidades de estación donde habita la especie de la región donde se utilizará la semilla.
- D) La distancia mínima entre un candidato y otro no deberá ser menor a 100 m en rodales naturales.

La selección de árboles superiores en campo deberá tener una distancia mínima 100 m (NMX-AA-169-SCFI-2016), pero en el caso de poblaciones con superficie pequeña se reducirá la distancia entre árboles seleccionados. La búsqueda de candidatos deberá realizarse sistemáticamente que representen las diferentes calidades de estación. De acuerdo al formato los árboles seleccionados deberán tener al menos un punto para considerarse árbol superior y la presencia al menos de 50 conos.

Cada árbol superior será identificado con un cinturón de pintura blanca arriba de 1.3 m de altura y con una clave con dos letras asignadas para la localidad y el número de árbol consecutivo.

Anexo 2. Fichas técnicas de 70 árboles selectos de *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. var. *greggii* del Noreste de México.

Se anexan en CD digital

Anexo 3. Base de datos de las variables dasométricas y bioclimáticas.

#Arb	Alt. Tot.	D.N.	A.B.	Vol.	Ed1.30	Ed.Tot.	R.F.	Puntaje Tot.	Altitud	bio1	bio2	bio3	bio5	bio6	bio7	bio8	bio9	bio10	bio11	bio12	bio13	bio14	bio15	bio16	bio17	bio18	bio19
29	17.50	37.00	0.1075	1.1290	52	61	3.0	12.20	2444	14.9	21.6	654.7	28.9	-4.0	32.9	17.1	11.8	19.0	8.3	592.0	142.0	15.0	7390.0	365.0	46.0	225.0	66.0
30	19.00	42.80	0.1439	1.6401	75	84	3.5	11.30	2490	14.9	21.6	654.7	28.9	-4.0	32.9	17.1	11.8	19.0	8.3	592.0	142.0	15.0	7390.0	365.0	46.0	225.0	66.0
31	16.50	31.10	0.0760	0.7521	62	71	3.0	24.80	2533	14.3	21.6	656.6	28.9	-4.0	32.9	17.1	11.8	19.0	8.3	592.0	142.0	15.0	7390.0	365.0	46.0	225.0	66.0
32	13.80	30.00	0.0707	0.5853	76	85	3.0	11.60	2648	14.3	21.6	656.6	28.9	-4.0	32.9	17.1	11.8	19.0	8.3	592.0	142.0	15.0	7390.0	365.0	46.0	225.0	66.0
33	22.00	41.50	0.1353	1.7855	69	78	4.0	.	2590	14.3	21.6	656.6	28.9	-4.0	32.9	17.1	11.8	19.0	8.3	592.0	142.0	15.0	7390.0	365.0	46.0	225.0	66.0
34	21.50	43.80	0.1507	1.9437	66	75	2.5	.	2498	14.3	21.6	656.6	28.9	-4.0	32.9	17.1	11.8	19.0	8.3	592.0	142.0	15.0	7390.0	365.0	46.0	225.0	66.0
35	18.00	36.90	0.1069	1.1550	70	79	2.5	10.25	2614	14.3	21.6	656.6	28.9	-4.0	32.9	17.1	11.8	19.0	8.3	592.0	142.0	15.0	7390.0	365.0	46.0	225.0	66.0
22	13.00	32.00	0.0804	0.6273	37	47	3.0	21.50	2341	14.7	21.5	657.1	29.2	-3.5	32.8	17.5	12.2	19.4	8.7	766.0	165.0	19.0	6943.0	435.0	58.0	309.0	82.0
23	26.00	45.30	0.1612	2.5143	50	60	2.5	14.50	2345	14.7	21.5	657.1	28.4	-4.3	32.6	16.7	11.4	18.6	7.9	781.0	166.0	20.0	6860.0	439.0	60.0	316.0	85.0
24	25.50	62.50	0.3068	4.6940	68	78	3.0	.	2397	14.7	21.5	657.1	28.4	-4.3	32.6	16.7	11.4	18.6	7.9	781.0	166.0	20.0	6860.0	439.0	60.0	316.0	85.0
25	19.00	33.00	0.0855	0.9750	61	71	3.0	23.80	2386	14.7	21.5	657.1	28.4	-4.3	32.6	16.7	11.4	18.6	7.9	781.0	166.0	20.0	6860.0	439.0	60.0	316.0	85.0
26	19.00	35.50	0.0990	1.1284	52	62	3.0	.	2420	14.7	21.5	657.1	28.4	-4.3	32.6	16.7	11.4	18.6	7.9	781.0	166.0	20.0	6860.0	439.0	60.0	316.0	85.0
27	23.00	54.00	0.2290	3.1605	93	103	3.0	.	2412	14.7	21.5	657.1	28.4	-4.3	32.6	16.7	11.4	18.6	7.9	781.0	166.0	20.0	6860.0	439.0	60.0	316.0	85.0
28	21.50	37.80	0.1122	1.4477	38	48	2.5	23.00	2400	14.7	21.5	657.1	29.2	-3.5	32.8	17.5	12.2	19.4	8.7	766.0	165.0	19.0	6943.0	435.0	58.0	309.0	82.0
36	17.00	46.30	0.1684	1.7173	61	70	3.5	6.50	2450	14.9	21.5	657.2	29.4	-3.2	32.6	17.7	12.5	19.6	8.9	707.0	157.0	17.0	7115.0	411.0	51.0	283.0	74.0
37	23.00	38.00	0.1134	1.5651	68	77	4.0	16.60	2366	14.9	21.5	657.2	29.4	-3.2	32.6	17.7	12.5	19.6	8.9	707.0	157.0	17.0	7115.0	411.0	51.0	283.0	74.0
38	22.50	41.70	0.1366	1.8437	60	69	2.5	.	2404	14.9	21.5	657.2	29.4	-3.2	32.6	17.7	12.5	19.6	8.9	707.0	157.0	17.0	7115.0	411.0	51.0	283.0	74.0
39	24.00	58.50	0.2688	3.8705	72	81	3.0	8.50	2541	14.7	21.5	657.7	27.8	-4.6	32.4	16.2	10.9	18.0	7.5	715.0	155.0	17.0	7126.0	412.0	51.0	291.0	74.0
40	22.00	48.90	0.1878	2.4790	88	97	3.5	.	2478	14.7	21.5	657.7	27.8	-4.6	32.4	16.2	10.9	18.0	7.5	715.0	155.0	17.0	7126.0	412.0	51.0	291.0	74.0
41	16.00	54.20	0.2307	2.2149	88	97	3.5	.	2645	13.6	21.5	660.5	28.0	-4.5	32.5	16.4	11.1	18.2	7.7	589.0	133.0	15.0	7126.0	347.0	45.0	232.0	65.0
42	16.00	54.50	0.2333	2.2395	73	82	3.5	.	2687	13.2	21.5	661.6	27.6	-4.8	32.5	16.1	10.7	17.8	7.3	576.0	130.0	15.0	7072.0	338.0	45.0	226.0	65.0
64	18.50	49.30	0.1909	2.1189	72	81	3.0	.	2473	14.5	21.4	657.3	29.0	-3.7	32.6	17.2	12.0	19.1	8.5	526.0	110.0	15.0	6559.0	293.0	46.0	206.0	68.0
65	18.00	37.30	0.1093	1.1801	64	73	3.0	11.50	2447	14.7	21.4	656.7	29.0	-3.7	32.6	17.2	12.0	19.1	8.5	526.0	110.0	15.0	6559.0	293.0	46.0	206.0	68.0
66	20.00	43.20	0.1466	1.7589	70	79	4.0	23.50	2445	14.7	21.4	656.7	29.0	-3.7	32.6	17.2	12.0	19.1	8.5	526.0	110.0	15.0	6559.0	293.0	46.0	206.0	68.0
67	21.00	47.80	0.1795	2.2611	61	70	2.5	.	2484	14.7	21.4	656.7	29.0	-3.7	32.6	17.2	12.0	19.1	8.5	526.0	110.0	15.0	6559.0	293.0	46.0	206.0	68.0
68	19.00	35.70	0.1001	1.1411	77	86	3.0	.	2438	15.0	21.4	655.6	29.0	-3.7	32.6	17.2	12.0	19.1	8.5	526.0	110.0	15.0	6559.0	293.0	46.0	206.0	68.0

69	17.50	37.40	0.1099	1.1535	65	74	3.0	13.00	2407	15.5	21.5	654.0	29.6	-3.1	32.7	17.8	12.6	19.7	9.0	454.0	92.0	13.0	6242.0	244.0	42.0	179.0	63.0
70	17.00	42.30	0.1405	1.4334	55	64	3.0	.	2490	14.7	21.4	656.7	29.0	-3.7	32.6	17.2	12.0	19.1	8.5	526.0	110.0	15.0	6559.0	293.0	46.0	206.0	68.0
15	14.00	42.50	0.1419	1.1915	58	67	3.5	16.16	2853	13.8	21.5	654.7	29.5	-3.4	32.9	17.6	12.4	19.4	8.9	627.0	115.0	13.0	6787.0	319.0	45.0	283.0	77.0
16	12.00	30.40	0.0726	0.5225	50	59	3.5	12.00	2796	13.8	21.5	654.7	29.5	-3.4	32.9	17.6	12.4	19.4	8.9	627.0	115.0	13.0	6787.0	319.0	45.0	283.0	77.0
17	14.00	38.00	0.1134	0.9525	53	62	3.5	10.50	2745	13.8	21.5	654.7	29.5	-3.4	32.9	17.6	12.4	19.4	8.9	627.0	115.0	13.0	6787.0	319.0	45.0	283.0	77.0
18	23.00	49.70	0.1940	2.6769	124	133	3.5	.	2481	14.8	21.5	651.9	29.5	-3.4	32.9	17.6	12.4	19.4	8.9	627.0	115.0	13.0	6787.0	319.0	45.0	283.0	77.0
19	14.00	46.40	0.1691	1.4202	50	59	3.5	7.50	2469	14.8	21.5	651.9	30.6	-2.4	33.0	18.6	13.5	20.4	9.9	604.0	113.0	11.0	7108.0	315.0	38.0	216.0	68.0
20	12.50	35.50	0.0990	0.7423	50	59	3.5	.	2426	14.8	21.5	651.9	30.6	-2.4	33.0	18.6	13.5	20.4	9.9	604.0	113.0	11.0	7108.0	315.0	38.0	216.0	68.0
21	11.00	28.90	0.0656	0.4329	44	53	2.5	.	2419	15.8	21.4	650.1	30.6	-2.4	33.0	18.5	13.4	20.3	9.8	616.0	117.0	12.0	7097.0	323.0	39.0	220.0	70.0
8	22.00	49.50	0.1924	2.5402	76	88	3.0	16.80	2355	15.7	21.4	649.9	30.0	-2.9	32.9	18.0	12.8	19.8	9.3	614.0	118.0	12.0	7199.0	326.0	40.0	229.0	69.0
9	18.50	35.40	0.0984	1.0925	45	57	3.5	12.70	2387	15.3	21.4	650.9	30.0	-2.9	32.9	18.0	12.8	19.8	9.3	614.0	118.0	12.0	7199.0	326.0	40.0	229.0	69.0
10	26.00	46.00	0.1662	2.5926	68	80	3.5	17.70	2381	15.3	21.4	650.9	30.0	-2.9	32.9	18.0	12.8	19.8	9.3	614.0	118.0	12.0	7199.0	326.0	40.0	229.0	69.0
11	19.50	45.20	0.1605	1.8774	75	87	3.0	16.30	2435	15.3	21.4	650.9	30.0	-2.9	32.9	18.0	12.8	19.8	9.3	614.0	118.0	12.0	7199.0	326.0	40.0	229.0	69.0
12	17.00	40.00	0.1257	1.2818	41	53	2.5	29.50	2359	15.7	21.4	649.9	30.0	-2.9	32.9	18.0	12.8	19.8	9.3	614.0	118.0	12.0	7199.0	326.0	40.0	229.0	69.0
13	18.50	39.20	0.1207	1.3396	59	71	3.5	14.70	2503	14.7	21.4	652.2	29.4	-3.5	32.9	17.4	12.2	19.2	8.8	621.0	118.0	13.0	7064.0	326.0	43.0	272.0	72.0
14	19.00	38.20	0.1146	1.3065	59	71	3.5	16.30	2553	15.3	21.4	650.9	30.0	-2.9	32.9	18.0	12.8	19.8	9.3	614.0	118.0	12.0	7199.0	326.0	40.0	229.0	69.0
1	18.00	48.50	0.1847	1.9953	94	102	3.5	11.30	2654	15.1	21.4	651.6	29.7	-3.1	32.8	17.8	12.6	19.6	9.1	555.0	109.0	12.0	6856.0	296.0	41.0	238.0	69.0
2	25.00	53.00	0.2206	3.3093	122	130	3.0	7.50	2650	15.1	21.4	651.6	29.9	-2.9	32.8	18.0	12.8	19.8	9.3	518.0	99.0	12.0	6652.0	271.0	40.0	206.0	68.0
3	21.40	47.80	0.1795	2.3042	116	124	3.0	11.40	2657	15.1	21.4	651.6	29.9	-2.9	32.8	18.0	12.8	19.8	9.3	518.0	99.0	12.0	6652.0	271.0	40.0	206.0	68.0
4	19.00	53.50	0.2248	2.5627	116	124	3.5	8.10	2606	15.1	21.4	651.6	29.9	-2.9	32.8	18.0	12.8	19.8	9.3	518.0	99.0	12.0	6652.0	271.0	40.0	206.0	68.0
5	24.00	54.20	0.2307	3.3224	117	125	3.5	16.10	2582	15.1	21.4	651.6	29.9	-2.9	32.8	18.0	12.8	19.8	9.3	518.0	99.0	12.0	6652.0	271.0	40.0	206.0	68.0
6	22.00	55.10	0.2384	3.1475	119	127	2.5	14.90	2560	15.1	21.4	651.6	29.9	-2.9	32.8	18.0	12.8	19.8	9.3	518.0	99.0	12.0	6652.0	271.0	40.0	206.0	68.0
7	22.50	55.00	0.2376	3.2074	119	127	2.5	.	2607	15.1	21.4	651.6	29.9	-2.9	32.8	18.0	12.8	19.8	9.3	518.0	99.0	12.0	6652.0	271.0	40.0	206.0	68.0
50	18.00	49.20	0.1901	2.0533	66	75	4.0	.	2450	14.9	20.9	665.9	28.8	-2.6	31.4	17.4	12.8	19.1	9.3	743.0	158.0	17.0	7011.0	419.0	50.0	293.0	73.0
51	12.00	29.10	0.0665	0.4789	18	27	3.5	12.70	2360	14.9	20.9	665.9	28.8	-2.6	31.4	17.4	12.8	19.1	9.3	743.0	158.0	17.0	7011.0	419.0	50.0	293.0	73.0
52	10.00	32.30	0.0819	0.4916	18	27	4.0	10.00	2429	15.2	20.9	665.3	28.8	-2.6	31.4	17.4	12.8	19.1	9.3	743.0	158.0	17.0	7011.0	419.0	50.0	293.0	73.0
53	9.50	32.80	0.0845	0.4816	20	29	3.5	6.00	2383	15.3	20.9	665.2	29.2	-2.2	31.4	17.8	13.2	19.5	9.7	743.0	153.0	17.0	6738.0	407.0	53.0	291.0	78.0
54	10.50	27.00	0.0573	0.3607	19	28	2.5	8.10	2397	15.3	20.9	665.2	29.2	-2.2	31.4	17.8	13.2	19.5	9.7	743.0	153.0	17.0	6738.0	407.0	53.0	291.0	78.0
55	19.00	55.50	0.2419	2.7579	33	42	3.5	.	2334	15.3	20.9	665.2	29.2	-2.2	31.4	17.8	13.2	19.5	9.7	743.0	153.0	17.0	6738.0	407.0	53.0	291.0	78.0
56	13.00	37.10	0.1081	0.8432	29	38	3.0	13.00	2337	15.3	20.9	665.2	29.2	-2.2	31.4	17.8	13.2	19.5	9.7	743.0	153.0	17.0	6738.0	407.0	53.0	291.0	78.0

43	13.50	36.80	0.1064	0.8615	33	41	3.0	17.40	2176	16.1	20.7	662.7	29.8	-1.4	31.2	18.7	14.0	20.2	10.4	718.0	149.0	19.0	6597.0	395.0	56.0	269.0	83.0
44	15.00	38.50	0.1164	1.0477	33	41	3.5	18.70	1905	16.1	20.7	662.7	29.8	-1.4	31.2	18.7	14.0	20.2	10.4	718.0	149.0	19.0	6597.0	395.0	56.0	269.0	83.0
45	16.00	33.60	0.0887	0.8512	47	55	3.5	.	2141	16.1	20.7	662.7	29.8	-1.5	31.2	18.7	14.0	20.2	10.4	726.0	151.0	19.0	6633.0	401.0	56.0	273.0	83.0
46	14.50	52.20	0.2140	1.8619	28	36	3.0	.	1904	16.0	20.7	663.1	29.8	-1.4	31.2	18.8	14.0	20.2	10.4	735.0	150.0	19.0	6530.0	400.0	58.0	279.0	85.0
47	19.00	38.80	0.1182	1.3479	45	53	3.5	22.50	2137	16.0	20.7	663.1	29.8	-1.5	31.2	18.7	14.0	20.2	10.4	726.0	151.0	19.0	6633.0	401.0	56.0	273.0	83.0
48	15.00	40.00	0.1257	1.1310	66	74	2.5	2.50	2021	16.0	20.7	663.1	29.8	-1.4	31.2	18.8	14.0	20.2	10.4	735.0	150.0	19.0	6530.0	400.0	58.0	279.0	85.0
49	16.00	44.60	0.1562	1.4998	65	73	3.5	12.30	2100	16.0	20.7	663.1	29.8	-1.4	31.2	18.8	14.0	20.2	10.4	735.0	150.0	19.0	6530.0	400.0	58.0	279.0	85.0
57	12.50	37.80	0.1122	0.8416	52	61	3.0	.	2199	15.7	20.4	668.4	29.0	-1.4	30.5	17.7	13.8	19.2	10.3	669.0	144.0	17.0	6858.0	378.0	52.0	240.0	73.0
58	11.00	31.60	0.0784	0.5176	46	55	3.5	.	2209	15.7	20.4	668.4	29.0	-1.4	30.5	17.7	13.8	19.2	10.3	669.0	144.0	17.0	6858.0	378.0	52.0	240.0	73.0
59	16.00	51.00	0.2043	1.9609	107	116	3.5	.	2196	15.7	20.4	668.4	29.0	-1.4	30.5	17.7	13.8	19.2	10.3	669.0	144.0	17.0	6858.0	378.0	52.0	240.0	73.0
60	9.50	29.00	0.0661	0.3764	48	57	3.0	.	2176	15.7	20.4	668.4	29.0	-1.4	30.5	17.7	13.8	19.2	10.3	669.0	144.0	17.0	6858.0	378.0	52.0	240.0	73.0
61	11.50	38.00	0.1134	0.7824	103	112	2.5	.	2138	15.7	20.4	668.4	29.3	-1.2	30.5	18.0	14.0	19.4	10.5	657.0	147.0	16.0	7154.0	385.0	48.0	233.0	68.0
62	12.50	41.00	0.1320	0.9901	96	104	3.0	.	2125	16.1	20.4	666.4	29.3	-1.2	30.5	18.0	14.0	19.4	10.4	680.0	152.0	15.0	7261.0	399.0	47.0	245.0	66.0
63	19.0	48.0	0.1810	2.0626	64	73	3.5	.	2082	16.1	20.4	666.4	29.6	-1.0	30.6	18.5	14.3	19.8	10.7	637.0	147.0	14.0	7414.0	384.0	43.0	230.0	61.0

Anexo 4. Análisis de Componentes Principales de las variables dasométricas y variables bioclimáticas.

```
options ls=120 ps=60 pageno=1;
```

```
data juan;
```

```
infile 'E:\Users\Eladio Cornejo\Documents\eladio\AlumnosTesisLicen\Juan Manuel Cortes Rivas\Tesis\Analisis de Datos Tesis\arbselectosbio.dat';
```

```
input Poblacion $ Arbol Alt DN AB Vol Ed130 EdaTot RF Punt Alti bio1 bio2 bio3 bio5 bio6  
bio7 bio8 bio9 bio10 bio11 bio12 bio13 bio14 bio15 bio16 bio17  
bio18 bio19;
```

```
proc princomp data=juan out=hola2;  
var bio6 bio9 bio11 bio12 bio13 bio16;  
run;
```

```
proc sort;  
by prin1;  
run;
```

```
proc plot data=hola2;  
plot prin1*prin2=arbol / vref=0 href=0 hpos=80 vpos=40;  
run;
```

Anexo 5. Análisis estadístico de los árboles selectos.

```
options linesize=120 pagesize=60 pageno=1;
```

```
data arbsele;
```

```
infile 'E:\Users\Eladio Cornejo\Documents\eladio\AlumnosTesisLicen\Juan Manuel Cortes Rivas\Tesis\Analisis de Datos Tesis\arselede.dat';
```

```
input poblacion $ arbsele Altura DN AB Volu Ed130 EdTot RF Punt;
```

```
if poblacion='Asc' or poblacion='Tap' then poblacion2='suerenas';  
else if poblacion='Cua' or poblacion='SH' or poblacion='Pen' or poblacion='Jam' then poblacion2='salarte';  
else if poblacion='Puecon' or poblacion='Tejo' or poblacion='Lir' or poblacion='Plac' then poblacion2='oriental';
```

```
proc sort;  
by poblacion2;  
run;  
proc print;  
by poblacion2;
```

```
var pobla arbsele Altura DN AB Volu Ed130 EdTot RF;  
run;
```

```
proc sort;  
  by pobla2 arbsele;  
run;  
proc means n min mean max var std stderr cv maxdec=4;  
  by pobla2;  
  var Altura DN AB Volu Ed130 EdTot RF Punt;  
run;
```

```
proc means noprint;  
  by pobla2;  
  var Altura DN AB Volu Ed130 EdTot RF Punt;  
  output out=reloj mean=Altura DN AB Volu Ed130 EdTot RF Punt std=Altstd DNstd ABstd  
  Volustd Ed130std EdTotstd RFstd Puntstd stderr=Altstder DNstder  
  ABstder Volstder E130tder ETostder RFstder Puntder n=arbol;  
run;
```

Anexo 6. Análisis Estadístico de los árboles testigos.

```
options linesize=120 pagesize=60 pageno=1;  
data arbtest;  
infile 'E:\Users\Eladio Cornejo\Documents\eladio\AlumnosTesisLicen\Juan Manuel Cortes  
Rivas\Tesis\Análisis de Datos Tesis\testigoarb.dat';  
input pobla $ arbsele arbtes Altura DN AB Volu Ed130 EdTot RF;
```

```
  if pobla='Asc' or pobla='Tap' then poblates='suerenas';  
  else if pobla='Cua' or pobla='SH' or pobla='Pen' or pobla='Jam' then poblates='salarte';  
  else if pobla='Puecon' or pobla='Tejo' or pobla='Lir' or pobla='Plac' then poblates='oriental';
```

```
proc sort;  
  by poblates arbtes;  
run;  
proc means n min mean max var std stderr cv maxdec=4;  
  by poblates;  
  var Altura DN AB Volu Ed130 EdTot RF;  
run;
```

```
proc means noprint;  
  by poblates;  
  var Altura DN AB Volu Ed130 EdTot RF;  
  output out=reloj2 mean=Altura DN AB Volu Ed130 EdTot RF Punt std=Altstd DNstd ABstd  
  Volustd Ed130std EdTotstd RFstd Puntstd stderr=Altstder DNstder  
  ABstder Volstder E130tder ETostder RFstder Puntder n=arbol; run.
```