

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



VARIACIÓN FENOTÍPICA EN ÁRBOLES SELECTOS DE *Pinus durangensis* Martínez EN CHIHUAHUA

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:

MARCO ANTONIO CEPEDA VALERIO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.
OCTUBRE DE 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FORESTAL

VARIACIÓN FENOTÍPICA EN ÁRBOLES SELECTOS DE *Pinus*
durangensis Martínez EN CHIHUAHUA

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:
MARCO ANTONIO CEPEDA VALERIO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

ASESOR PRINCIPAL

M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN

M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

OCTUBRE DE 2004
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FORESTAL

VARIACIÓN FENOTÍPICA EN ÁRBOLES SELECTOS DE *Pinus*
durangensis Martínez EN CHIHUAHUA

TESIS PROFESIONAL

PRESENTADA POR:
MARCO ANTONIO CEPEDA VALERIO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO FORESTAL

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL

M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

ASESOR

M.C. SALVADOR VALENCIA MANZO

ASESOR

DR. ALEJANDRO ZÁRATE LUPERCIO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO
OCTUBRE DE 2004

Este proyecto de tesis ha sido apoyado por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 02.03.0207.2412, titulado: Indicadores reproductivos de conos y semillas en poblaciones de *Picea*

mexicana Martínez, *Pinus johannis* M. -F. Robert *Pinus arizonica* Var. *stormiae* Martínez. Y *Pseudotsuga flahaulti* Flous de la Sierra de Arteaga, Coahuila y áreas de Nuevo León.

DEDICATORIA

A mis padres José Horacio y Elida, que me han enseñado que con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr en la vida, por no escatimar en apoyo, comprensión y constante amor, con todo mi cariño, gratitud y amor les dedico este trabajo.

A mi hermano Jahir Alejandro por todos los momentos alegres que hemos vivido, por todo su cariño y por esperarme siempre con cariño.

A la memoria de mis bisabuelos Juan Cepeda† y Julia Peña†, por la infancia llena de amor y alegría que me brindaron, nunca los olvidare.

A mi abuelo Antonio Cepeda Peña por toda la confianza y cariño que en mi ha depositado.

A mis tíos y tías Marielena, Manuel, Martha, Ricardo, Lupe e Hilario a mis primos Cristian y su esposa Lily, Alan, Yazmín, Shueiri, Alejandra, Lizbeth, Edgar, Cristina, Maxztli y su esposo Toño por apoyarme de una y mil formas a lo largo de mi carrera y de mi vida.

A mi novia Juana Maria Flores Garza por brindarme todo su amor, comprensión y cariño el tiempo que ha estado a mi lado.

Y por último a mis grandes amigos Carlos Antonio Reyes Cruz, Abel López Méndez, José Tomas Monarrez Valenzuela y Roberto Santiago Pablo por brindarme su valiosa e incondicional amistad.

Para ustedes....

AGRADECIMIENTOS

***A dios**, por darme una vida llena de bendiciones y por que hoy me ha permitido cumplir un sueño más.*

***A mi Alma Mater la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”**, por haberme acogido en su lecho y haber hecho posible mi formación profesional.*

***Al M. C. Celestino Flores López**, por su valioso tiempo y confianza, asesoría y por su incondicional apoyo para que este trabajo quedara lo mejor posible y con quien estaré eternamente agradecido.*

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

***Al DR. Alejandro Zárate Lupercio**, por su valiosa asesoría, orientación e incondicional apoyo en la revisión y desarrollo de este trabajo.*

***A la generación XCVII y amigos de la carrera Ingeniero Forestal: Julieta, Nayely, Olga, Gaby, Vicenta, José T., Abel, Roberto Santiago, José Inés, Sergio, Jorge Luis, Valentín, Pedro, Modesto, José Jil, Álvaro, Neftalí, Gilberto Landa, Roberto, Eliseo, Gilberto Hdz., Juan José y Rafael** por todas las vivencias compartidas.*

***A todo el personal del Departamento de Forestal de la UAAAN**, en especial a don Gil, por haber contribuido esmeradamente en mi formación profesional.*

***En especial a las personas que mi memoria deja escapar**, que de alguna forma ayudaron a mi formación profesional.*

Muchas gracias.....

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

ÍNDICE DE CUADROS . . . . .	.iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 El <i>Pinus durangensis</i> Martínez en el estado de Chihuahua	4
2.2 El programa de mejoramiento genético en el estado de Chihuahua	5
2.3 Selección de árboles superiores	6
2.4 Diferencial de selección e intensidad de selección	9
3 MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 Descripción del área de estudio	11
3.2 Selección de árboles superiores	11

3.3	Captura y procesamiento de datos	13
3.4	Calificación de árboles seleccionados	14
3.5	Descripción fenotípica de árboles selectos	15
3.6	Definición de población original	16
3.7	Cálculo del diferencial de selección e intensidad de selección	16
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1	Calificación de árboles seleccionados	18
4.2	Variación fenotípica de árboles selectos	19
4.2.1	Variables de crecimiento	19
4.2.2	Variables de forma de planta	25
4.2.3	Correlación entre variables de crecimiento, de forma de planta y puntaje total	28
4.3	Diferencial de selección e intensidad de selección en árboles de <i>Pinus durangensis</i> Martínez	32
5	CONCLUSIONES	36
6	RECOMENDACIONES	37
7	LITERATURA CITADA	38
8	APÉNDICE	41

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio	12
Cuadro 2. Correlación de Person (r) entre características fenotípicas de la población seleccionada de <i>Pinus durangensis</i> Martínez en Chihuahua	29
Cuadro 3. Valores promedio de desviación estándar, coeficiente de variación y valores mínimos y máximos de características de árboles de <i>Pinus durangensis</i> Martínez evaluados para la población original (n= 793) y de los 20 mejores árboles de la población selecta	33
Cuadro 4. Valores para la altura (m), diámetro (cm) y volumen (m ³) de la media, del diferencial de selección, desviación estándar fenotípica y de la intensidad de selección de la población original y de los 20 mejores árboles de la población selecta de <i>Pinus durangensis</i> Martínez	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Valores de puntaje total de población seleccionada de <i>Pinus durangensis</i> Martínez en el estado de Chihuahua	19
Figura 2. Frecuencias por categorías diámetricas de población seleccionada de <i>Pinus durangensis</i> Martínez en el estado de Chihuahua	20
Figura 3. Frecuencias por alturas dominantes de población seleccionada de <i>Pinus durangensis</i> en el estado de Chihuahua	22
Figura 4. Frecuencias por edad de población seleccionada de <i>Pinus durangensis</i> en el estado de Chihuahua	23
Figura 5. Frecuencias por volumen de población seleccionada de <i>Pinus durangensis</i> Martínez en el estado de Chihuahua	24
Figura 6. Frecuencia por puntaje de copa de población seleccionada de <i>Pinus durangensis</i> Martínez en el estado de Chihuahua	26
Figura 7. Frecuencia por puntaje de rectitud de fuste de población seleccionada de <i>Pinus durangensis</i> Martínez en el estado de Chihuahua	26
Figura 8. Frecuencia por puntaje de poda de población seleccionada de <i>Pinus durangensis</i> Martínez en el estado de Chihuahua	27

RESUMEN

En el presente trabajo se estimó la variación fenotípica, el diferencial y la intensidad de selección de la población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en Chihuahua.

De la población seleccionada (149 árboles) por el método de comparación con árboles testigo en el Programa de Mejoramiento Genético de Chihuahua se obtuvo mediante gráficas de frecuencias la variabilidad individual de las variables de edad, diámetro, altura, volumen, copa, rectitud de fuste, poda y puntaje total. También se obtuvo la correlación entre dichas variables. Posteriormente se escogieron los 20 mejores árboles de la población seleccionada con respecto al puntaje total. Se calculó la media y la desviación estándar de los mejores árboles y de la población original (793 árboles) con los que se obtuvieron el diferencial y la intensidad de selección.

Las distribuciones se aproximan a la normalidad para las variables de crecimiento y de forma de planta en la población selecta. También se obtuvieron altas correlaciones ($0.42 \leq r \leq 0.94$) entre la edad y las variables de crecimiento (diámetro, altura y volumen). En las variables de forma, la rectitud presentó valores negativos de correlación con el volumen (-0.18) y con el diámetro (-0.17); y la copa presentó una correlación positiva con la poda (0.22). En cuanto al puntaje total éste presentó correlación con las variables de diámetro (0.17), altura (0.21), volumen (0.21) y copa (0.18). Por otra parte aunque se encontraron valores de intensidad de selección bajos para altura, diámetro y volumen en condiciones de bosque natural, se consideró efectiva la selección de los 20 mejores árboles de la población selecta.

1 INTRODUCCIÓN

El estado de Chihuahua ocupa el segundo lugar en cuanto a producción forestal maderable con un 22% del total de la producción nacional donde el 91% corresponde a pino (SEMARNAT, 2000).

El *Pinus durangensis* Martínez es importante, no solamente porque es una de las especies de mayor abundancia en la región boscosa de Chihuahua, sino también por las características que posee, como lo son: fuste recto y limpio, altura de 30 a 40 m, diámetro de 50 a 80 cm, copa redonda y densa en árboles maduros. La madera es ligera y blanda, de color amarillento, de buena calidad, se usa como madera aserrada, para molduras y duelas. Se recomienda para plantaciones comerciales, destinadas a la obtención de fustes rectos (Martínez, 1948; Perry, 1991).

Actualmente se realizan actividades para tratar de mitigar los daños que han causado los malos manejos de la región boscosa del estado, algunos de los cuales se han suscitado desde el año de 1887, pues fueron aprovechados irracionalmente más de un millón de hectáreas de bosques vírgenes (Alcocer,1987).

En el año de 1987 se inició el Programa de Mejoramiento Genético de los Bosques del Estado de Chihuahua. La estrategia a largo plazo de este programa es el establecimiento de huertos semilleros, donde la base fundamental es la selección de árboles con características fenotípicas superiores. El Programa considera las especies de *Pinus arizonica* Engelm., *P. durangensis* y *P. engelmannii* Carr., el *P. durangensis*, como las de mayor importancia en el estado (Clausen et al., 1994).

La importancia de caracterizar las variables de crecimiento y de forma de planta de los árboles selectos radica en que individualmente cada variable otorga un número diferente de puntos al arbolado, y al observarlas por separado se puede definir cuales de ellas son las que más trascienden en el puntaje total, además de que al observar las correlaciones entre ellas se puede observar cuales de ellas están más asociadas entre sí.

1.1 Objetivo

El objetivo de este trabajo fue:

Estimar la variación fenotípica, el diferencial y la intensidad de selección de la población seleccionada de árboles de *Pinus durangensis* en el estado de Chihuahua.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el macizo montañoso de la Sierra Madre Occidental en la región Noroeste del estado de Chihuahua, comprendiendo a la mayoría de los municipios de la región Tarahumara como lo son Madera, Ocampo, Guerrero, Urique, Guazapares, Bocoyna, Guachochi, Batopilas, y Guadalupe y Calvo en los cuales se presentan tres tipos de climas, 13 unidades de suelo, 4 regiones hidrológicas y 12 comunidades vegetales principales (Cuadro 1). Geográficamente, el área se encuentra entre las coordenadas 106° 03' 00'' a 109° 07' 00'' de longitud Oeste y entre los 25° 56' 00'' y 29° 26' 00'' de latitud Norte.

3.2 Selección de árboles superiores

En el caso de selección en comparación con árboles testigo, estos se obtuvieron en los municipios del estado de Chihuahua anteriormente mencionados, fue importante considerar que las áreas donde se seleccionaron resultaran lo más posiblemente similares a donde serian establecidas las plantaciones, la manera en que fueron seleccionados fue la

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

Clima ¹	Suelo ²	Hidrología ³	Comunidades vegetales ⁴
<p>➤ Templados húmedos (C). Temperatura media del mes más caliente inferior a 18°C, pero superior a -3°C. La temperatura media del mes más frío es de -3°C.</p>	<p>➤ Dominantes. Feozem háplico Regozol calcárico Litosol</p>	<p>➤ Regiones hidrológicas. Sinaloa (RH10), Sonora (RH9), Río Bravo-Conchos (RH24) y Cuencas cerradas del Norte (RH34).</p>	<p>➤ Comunidades vegetales. Bosque de pino, Bosque de pino-encino, Bosque de pino con vegetación secundaria, Bosque bajo abierto, Bosque de encino, Bosque de encino con vegetación secundaria, Bosque de encino-pino, Bosque de encino pino con vegetación secundaria, Bosque de oyamel, Matorral desértico micrófilo, Matorral y Pastizal .</p>
<p>➤ Cálidos húmedos (A). Temperatura del mes más caliente superior a los 18°C, la del mes más frío menor de 18°C.</p>	<p>➤ Unidades de menor representación. Cambisol crómico, cambisol eútrico, luvisol crómico, luvisol órtico, plañioslo molico, regosol eútrico, vertisol crómico, vertisol pélico, xerosol háplico y xerosol luvico.</p>	<p>➤ Subcuencas. Subcuenca del Río Fuerte (RH10-G) y la subcuenca del Río Yaqui (RH9-B).</p>	
<p>➤ Secos (B). La evaporación excede a la precipitación, su temperatura media anual es mayor de 22°C, la del mes más frío mayor de 18°C.</p>		<p>➤ Ríos. Río Mayo, Río Fuerte, Río Yaqui y Río Sinaloa.</p>	

Fuentes: ¹(UNAM, 1970), ^{2, 3, 4}(INEGI, 1980a, 1980b).

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

siguiente: primero detectar árboles con características sobresalientes como buena rectitud y diámetro. En especial que sean dominantes debido a que el incremento en volumen fue prioritario, se dirigió la selección a aquellos árboles de mayor diámetro con respecto a los testigo. Para asegurar que realmente cada árbol seleccionado fuese superior en cuanto a volumen, resultó necesario compararlo con los testigos, utilizando tablas de volúmenes locales. No se aceptaron árboles atacados, por enfermedades o insectos. Después de haber localizado y decidido evaluar el árbol, se seleccionaron cinco árboles para comparación. Estos cinco árboles, al igual que el candidato, fueron dominantes creciendo en condiciones de competencia similares a las del árbol candidato. En la práctica algunas veces es difícil encontrar cinco árboles para comparar, en cuyo caso, para la comparación tres fueron suficientes (Clausen *et al.*, 1994).

3.3 Captura y procesamiento de datos

De cada uno de los formatos de la población selecta (149 árboles) en el Programa de Mejoramiento Genético en los bosques del estado de Chihuahua se capturó la información del árbol candidato, de los valores de altura, diámetro normal, volumen, copa, rectitud de fuste, poda natural y ajuste por edad. En cuanto a los árboles testigo se capturó la media de la altura, diámetro normal, volumen y edad, por último se

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

tomó el puntaje del candidato del volumen, la altura y puntaje total para obtener cuales árboles eran los mejores, con todos estos valores se elaboró una base de datos en el programa Excel, para posteriormente trabajar con ella en los programas Sigma Plot y SAS (Statistical Analysis System).

3.4 Calificación de los árboles seleccionados

La forma en que se calificó a la población selecta fue siguiendo el formato del Centro de Genética Forestal, A.C., para lo cual primeramente se obtuvo el puntaje por la altura ésto al obtener el porciento que supera la altura del árbol candidato al promedio de los árboles testigo y según la edad del candidato (<30, 31 a 50 y >50 años) es el rango de puntos que se le otorgó, variando de 0 a 10 puntos. Después se evaluó el volumen y se otorgó un punto al árbol selecto por cada 10% que excediera a los testigos. Enseguida se evaluó la copa comparándola con las de los testigos, considerando su conformación, densidad de follaje, dominancia, radio y longitud; fue una estimación subjetiva desde el cero para copas malas hasta el 5 para las mejores copas. Otra

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

característica evaluada fue la rectitud del fuste que se evaluó individualmente para cada árbol candidato, sin considerar a los árboles testigo donde se califica del cero para fustes torcidos, curvados o pandos hasta el 5 para fustes rectos. También fue evaluada la poda natural comparando visualmente al candidato con los árboles testigo, considerando tanto ramas vivas como muertas; el promedio de los testigos vale cero y se otorga de 1 a 3 puntos por superioridad del candidato. Por último se realizó el ajuste por edad y consistía en otorgar un punto al candidato por cada año más joven que fuera, menos dos; si la edad del candidato superaba con tres años o más la del promedio de los testigos recibía un punto negativo por cada año más tres. Cabe mencionar que si algún candidato tenía puntaje negativo en más de una característica se rechazaba (Apéndice 1).

3.5 Descripción fenotípica de árboles selectos

Una vez que se tenían capturados los valores de edad, diámetro, altura, volumen, copa, rectitud de fuste, poda, y puntaje total, se obtuvo en el paquete estadístico SAS la correlación entre dichas variables.

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

En el paquete estadístico SAS se obtuvieron las frecuencias por puntaje total, categorías diamétricas, altura, edad, volumen, rectitud, poda y copa, con dichos datos se construyeron gráficas para cada variable.

3.6 Definición de la población original

Para el caso de este estudio la población original estuvo integrada por 149 árboles seleccionados a lo largo de la región de la Sierra Tarahumara, así como también por los árboles testigo contra los que fueron comparados estos árboles selectos obteniéndose una población original de 793 individuos, de los cuales se obtuvo la media y la desviación estándar que servirán posteriormente para la obtención del diferencial y de la intensidad de selección.

3.7 Cálculo del diferencial de selección e intensidad de selección

Para obtener los valores del diferencial y de la intensidad de selección fue necesario comparar la media de la población original, y la media de los 20 mejores árboles de la población selecta, autores como Zobel y Talbert (1988)

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

mencionan que 20 árboles selectos es un número adecuado para el establecimiento de huertos semilleros.

La forma en que se obtuvieron los 20 mejores árboles de la población selecta fue eligiendo los que mayor número de puntos totales tuvieron. Este puntaje es el resultado entre la comparación de los árboles candidatos contra los árboles testigo en las características de volumen, altura, ajuste por edad y por el puntaje de la forma de planta (copa, rectitud de fuste y poda natural).

Para obtener el diferencial de selección y la intensidad de selección, se obtuvieron los valores de la media y la desviación estándar de las características de altura, diámetro y volumen tanto de la población original (793 árboles), así como de los 20 mejores árboles de la población selecta. Lo primero que se obtuvo fue el diferencial de selección, restando la media de la población original a la media de los 20 mejores árboles de la población selecta, por último para obtener el valor de intensidad de selección se dividió la desviación estándar fenotípica de cada

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

característica de los 20 mejores árboles de la población selecta entre el diferencial de selección de cada característica.

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

5 CONCLUSIONES

1. Todas las variables de crecimiento y de forma de planta de la población selecta mostraron una distribución con tendencia a la normalidad.
2. Las mayores correlaciones que se obtuvieron fue entre la edad y las variables de crecimiento con valores de 0.42 hasta 0.94. Para las variables de forma de planta, la rectitud presentó valores de correlación negativas con el diámetro y el volumen (-0.17 y -0.18 respectivamente) y la copa presentó una correlación positiva con la poda (0.22). Para el puntaje total las correlaciones positivas se presentaron para las variables de altura, diámetro, volumen y copa.
3. Para la población original la mayor variabilidad fue para el volumen y la menor para la altura; en cuanto a los 20 mejores árboles de la población selecta la variación es similar.
4. Se obtuvieron valores de intensidad de selección bajos en altura ($i= 0.89$), diámetro ($i= 0.90$) y volumen ($i= 1.01$), sin embargo la selección de los 20 mejores árboles se consideró efectiva.

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

6 RECOMENDACIONES

1. Utilizar el método de selección por comparación con árboles testigos de Centro de Genética Forestal A. C., ya que se adapta a las condiciones del bosque natural coetáneo; sin embargo, se debe hacer una modificación para cuando no se cuenta con árboles testigo para comparar a los candidatos.
2. Ampliar el número de árboles en la población original para obtener valores de diferencial y de intensidad de selección más efectivos.
3. Continuar la selección de árboles, además de coleccionar germoplasma de éstos para evitar la pérdida de buenos fenotipos por fenómenos meteorológicos y daños antropogénicos. Así como valorarlos en pruebas de progenie y utilizarlos en huertos semilleros.
4. En futuras selecciones tomar más en cuenta las variables de altura, diámetro y volumen esto hará más efectiva la selección puesto que al momento de seleccionar una característica se tendrá una respuesta indirecta de las otras. Cabe mencionar que debido a la pobre heredabilidad que presentan dichas variables la efectividad en la selección dependerá en gran medida del trato que se de a los árboles en los lugares donde serán establecidos.

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Calificación de árboles seleccionados

Con el formato de selección de árboles del Centro de Genética Forestal A. C., se obtuvo el puntaje total para cada uno de los 149 árboles de la población seleccionada y se observa que el árbol selecto que presentó el mayor número de puntos totales es el "D802" con 62.6 puntos y el que menor puntaje total presentó fue el "D406" con 5.6 puntos (Apéndice 2). Por otra parte se observa que la mayor frecuencia de árboles se concentra en el rango de los 20 puntos totales con 58 individuos y los rangos que menor frecuencia presentan son la de 52 y 60 puntos totales con un sólo individuo (Figura 1), la importancia de la gráfica de frecuencia de puntaje total, es que una vez que se observe la correlación entre dicho puntaje y cada una de las variables en estudio como edad, altura, diámetro, volumen, rectitud, poda y copa, se puede determinar cuál de estas variables son las que proporcionan mayor número de puntos al árbol, ya que cada variable otorga un diferente número de puntos a dicho puntaje total.

Cuadro 1. C

.les de

la zona de estudio.

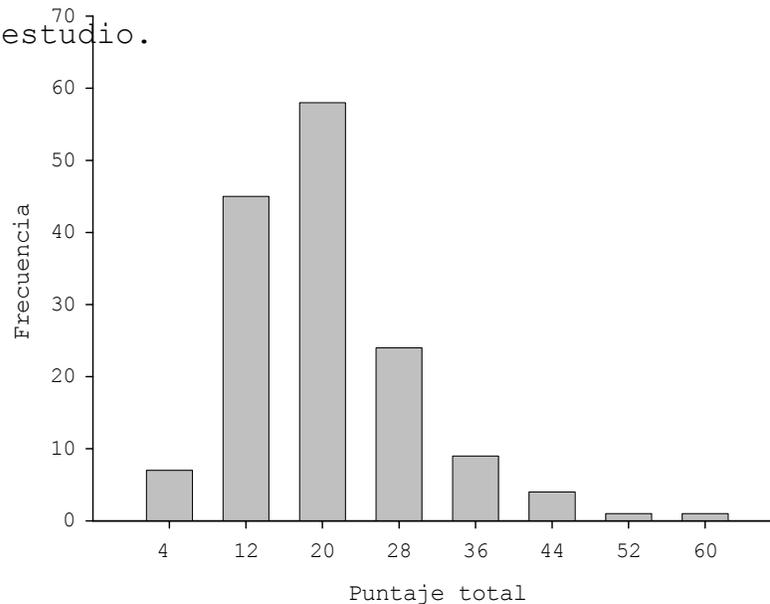


Figura 1. Frecuencias por puntaje total de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

4.2 Variación fenotípica de árboles selectos

4.2.1 Variables de crecimiento

En la frecuencia de individuos por categoría diamétrica puede observarse que el mayor número de individuos seleccionados se encuentra en la categoría de los 45 centímetros con un total de 40 individuos, que representa el 27.03% del total, seguido por la categoría de los 40 centímetros con un total de 37 individuos que es el 25.00% del total, otra categoría diamétrica con un significativo

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

número de individuos fue la de los 50 centímetros con 30 individuos lo que representa el 20.27% del total, por último cabe mencionar que el resto de las categorías diamétricas solamente suman 41 individuos lo que representa el 27.72% de la población (Figura 2) (Apéndice 3).

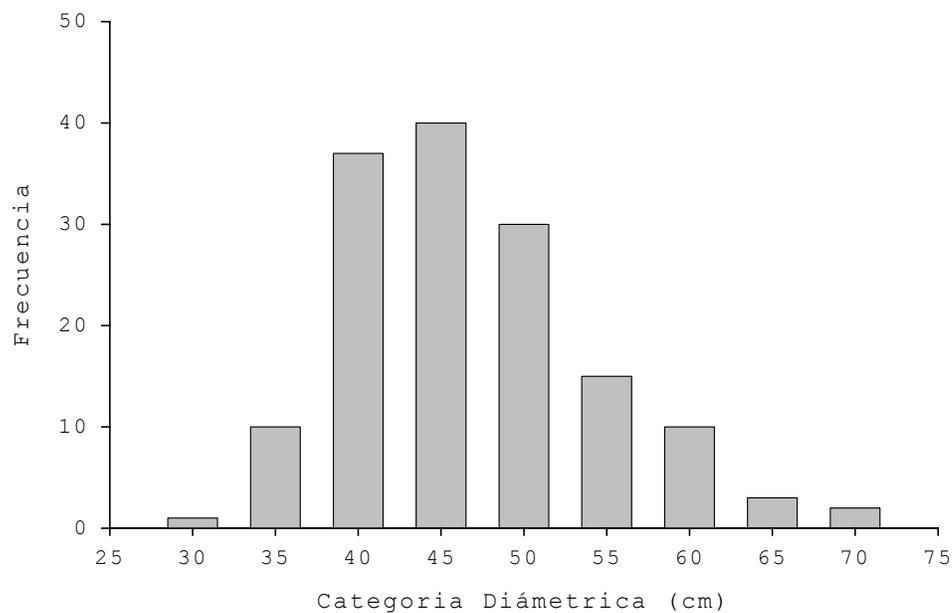


Figura 2. Frecuencias por categorías diamétricas de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

La importancia que brinda el observar esta gráfica es que representa la estructura del bosque que se encontraba en el área de estudio en el período de tiempo de 1989 a 1991 que fueron los años en que se seleccionaron los árboles, ya que el mayor indicativo de este factor es la distribución diamétrica expresada en número de individuos por categoría diamétrica y esta se da como resultado de los crecimientos de las especies en sus hábitats, de las condiciones ambientales y las prácticas bajo manejo en las cuales los rodales se originan y así se puede determinar si es que se trata de una estructura regular o irregular siendo en este caso una estructura regular puesto que presenta una distribución normal con un bajo número de individuos en los extremos y una alta concentración en los valores medios (Husch *et al.*, 1982).

En la frecuencia por alturas se observa una clara tendencia de los valores en el rango de los 25 metros de altura, con un número de 85 individuos lo que representa el 57.43% del total, muy por debajo se encuentra el rango de los

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

30 metros con 31 individuos lo que representa el 20.95% del total de individuos, la frecuencia menor es la de los 35 metros con 5 individuos lo que representa el 3.38% del total (Figura 3) (Apéndice 4).

La altura de un rodal uniforme a una edad dada, es un buen indicador del potencial productivo del bosque en un sitio particular. Por eso, la construcción de curvas de altura dominante con edad para diferentes clases de sitios, es el primer paso en la construcción de modelos de crecimiento y rendimiento (Alder, 1980).

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

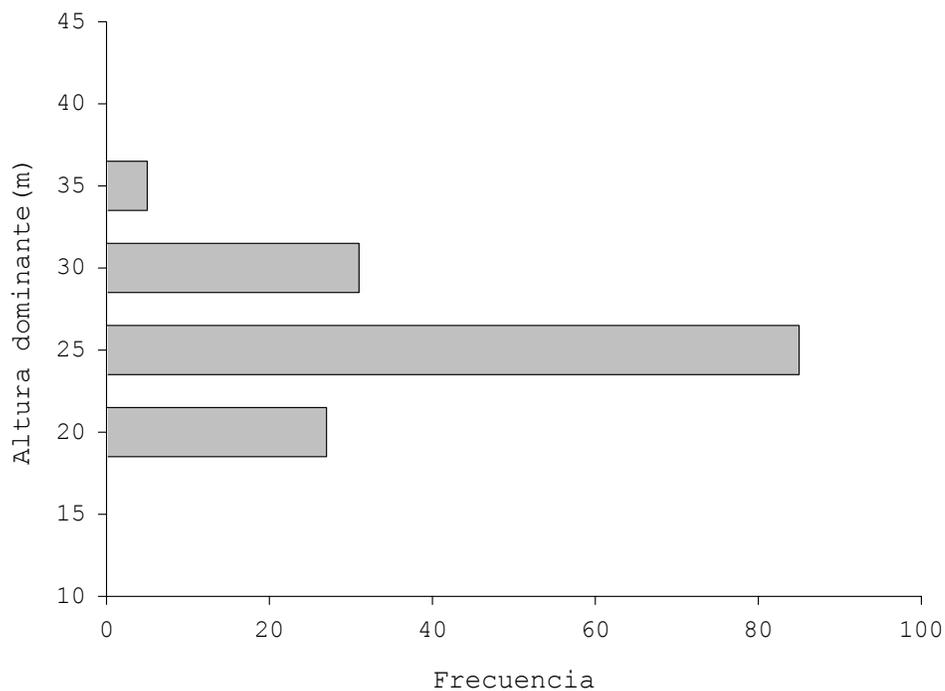


Figura 3. Frecuencias por alturas dominantes de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

La distribución de las frecuencias por edades es más amplia que la de categorías diamétricas y de alturas, la mayor se encuentra dentro del rango de los 80 años con 22 individuos lo que representa el 14.86% del total, debajo de ésta se encuentra la de los 70 años con 21 individuos que es el 14.19%, el resto de las categorías de edades suman 105 individuos que es el 70.95% del total (Figura 4) (Apéndice 5).

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

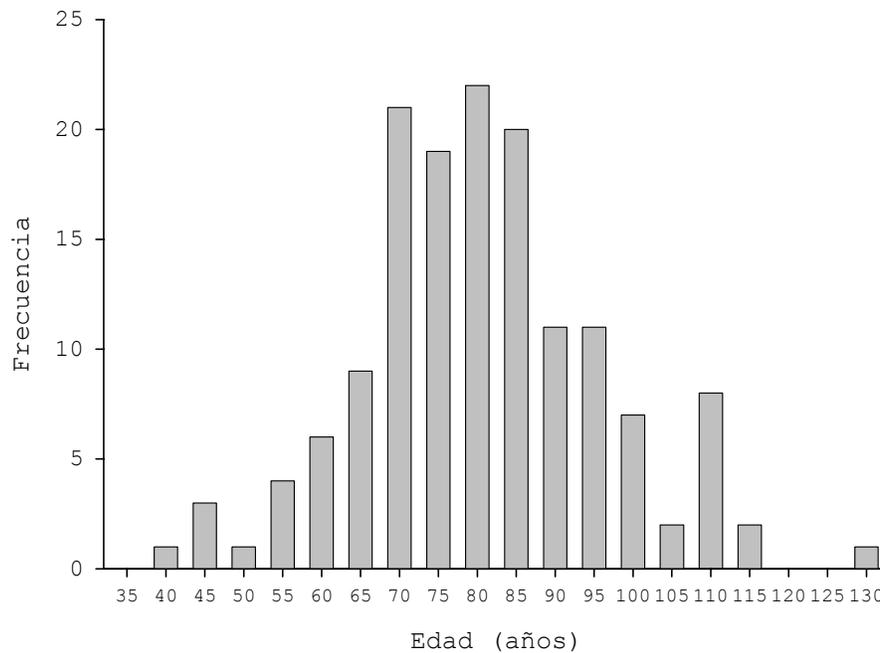


Figura 4. Frecuencias por edad de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Al igual que el caso de frecuencia por categoría diámetrica, la estructura de un rodal o un bosque está constituida básicamente, por las clases de edad y/o diámetro, y por sus copas, con las que el bosque puede tener una estructura uniforme (regular) y no uniforme (irregular), y también como en el caso de las frecuencias de diámetros en la gráfica de distribución de edades puede observarse un tipo de

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

distribución normal o de campana con pocos individuos en los extremos y una mayor concentración en el centro o en el medio lo que indica que es una de bosque regular (Chacón y Cano, 1998).

En cuanto a la distribución de frecuencias de volumen, el rango que mayor número de individuos presenta es el de los 1.600 m^3 con un total de 50 individuos siendo el 33.56% del total de la población, otra categoría que presenta una importante frecuencia es la de 2.400 m^3 con 44 individuos que representa el 29.53% del total, es importante mencionar que los rangos de 5.600 , 6.400 y 7.200 m^3 cuentan con un sólo individuo cada uno, que representa el 0.67% de la población en cada caso (Figura 5) (Apéndice 6).

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

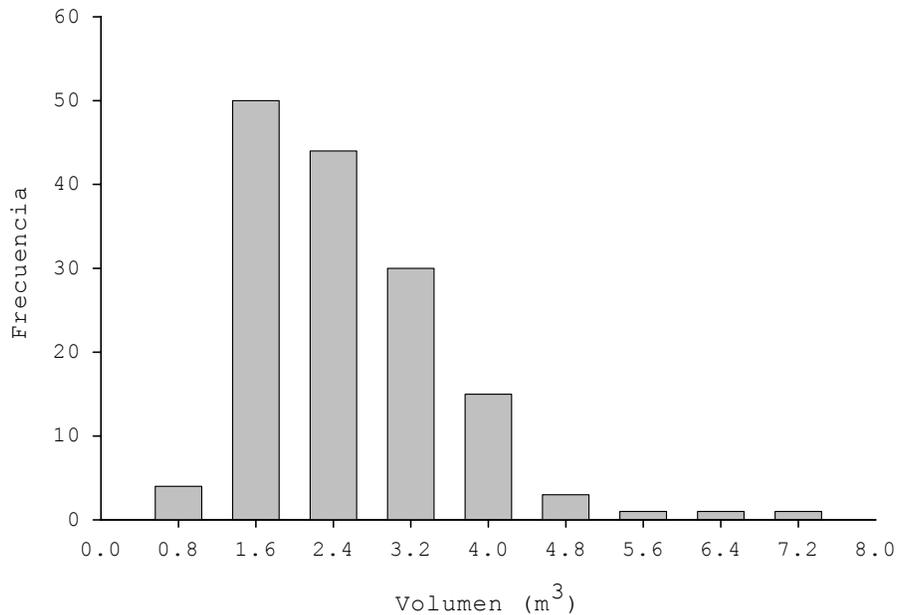


Figura 5. Frecuencias por volumen de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

La importancia de la gráfica de frecuencias por volumen es que tanto el volumen, como la calidad de la madera (ángulo de ramas, diámetro de las mismas y densidad de la madera) son empleados en la clasificación de árboles superiores, con respecto a la puntuación que se le otorga al volumen, éste se obtiene sacando el cociente del árbol plus y el volumen medio de los árboles candidatos y por cada 10% que exceda en el valor, recibe un punto por volumen (Forshell, 1964), además

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

de que esta variable es de suma importancia desde el punto de vista económico, ya que es la que determina cuanta cantidad de madera se puede obtener del árbol selecto.

4.2.2 Variables de forma de planta

Para la distribución de las frecuencias de puntaje de copa, puede observar que el rango que mayor número de individuos tiene es el de los 3.2 puntos, con 43 individuos que representa el 28.86% del total; el rango que le sigue es el de los 4.0 puntos con 42 individuos siendo el 28.19% del total (Figura 6) (Apéndice 7).

En el puntaje de rectitud el rango de mayor frecuencia es el de los 4.2 puntos con 52 individuos que es el 34.90% del total, el siguiente rango de importancia es el de los 3.6 puntos con 39 individuos que representa el 26.17 del total (Figura 7) (Apéndice 8).

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

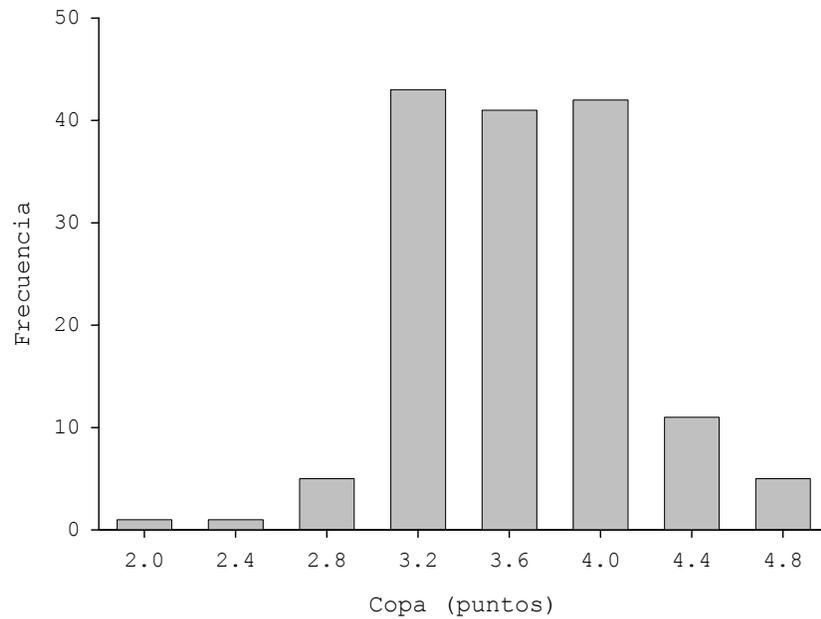
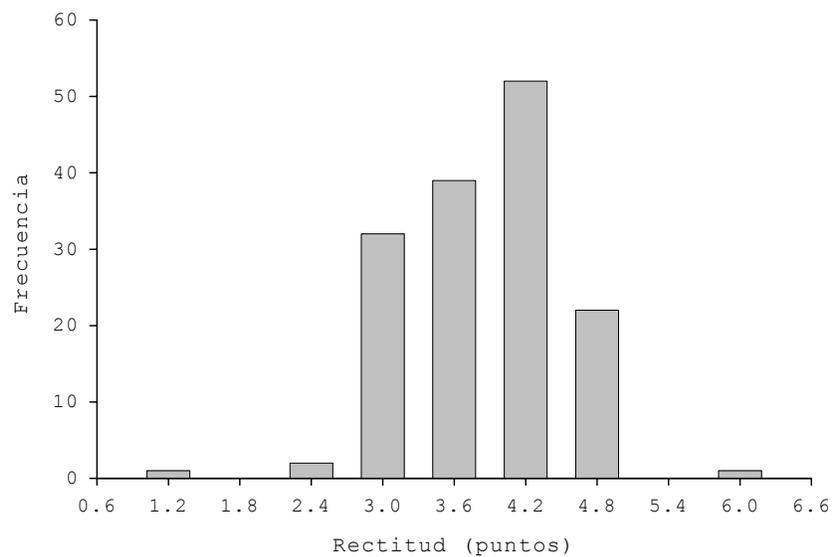


Figura 6. Frecuencias por puntaje de copa de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.



Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

Figura 7. Frecuencias por puntaje de rectitud del fuste de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Por último en la distribución de las frecuencias del puntaje de la poda puede observarse que el rango en el que mayor número de individuos se presenta es el de 1.5 puntos, que presenta 37 individuos siendo el 24.83% del total los otros 2 rangos que le siguen son el de 0.9 y 2.1 puntos con 33 individuos cada uno que representan el 22.15% del total, cada uno (Figura 8) (Apéndice 9).

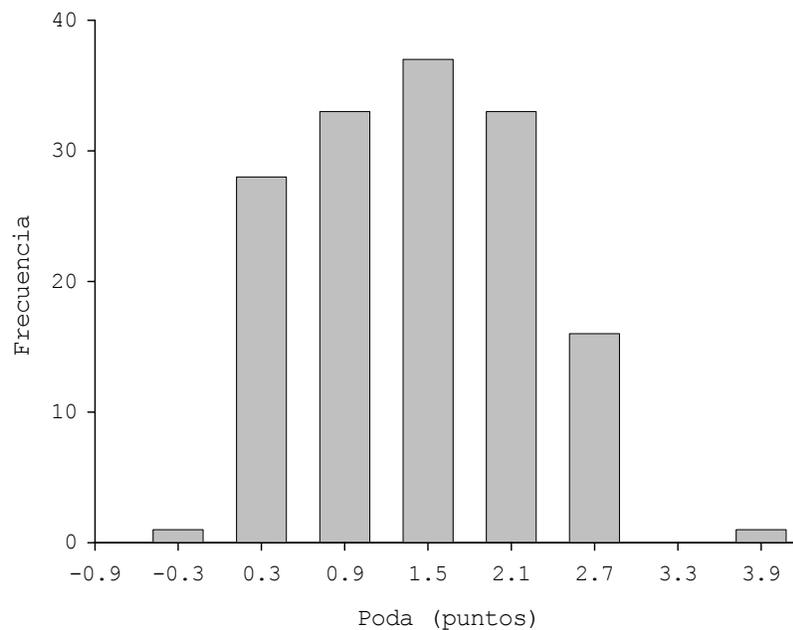


Figura 8. Frecuencias por puntaje de la poda de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

Lo importante de observar las frecuencias de puntaje de copa, rectitud y poda (Figura 6, 7 y 8), es que estas variables de forma de planta en conjunto determinan en gran medida la forma del tronco y la calidad de la madera, la forma ideal del tronco desde un punto vista económico es la de un tallo recto, casi cilíndrico, que presente una conicidad mínima desde la base hasta la copa y que no tenga restos sobresalientes de ramas u otros defectos. Esta forma es para su manufactura la más rentable, ya sea para utilizarla como tablas o chapa. Las especies arbóreas económicamente deseables son aquellas que tienen la capacidad de poda natural temprana, de tal forma que las ramas muertas se caen y los restos son cubiertos por la madera como resultado del crecimiento radial. Por otro lado son menos deseables aquellas especies que presentan tallos curvos, que tienen sus ramas y dan como resultado una gran cantidad de nudos en la madera (Hocker, 1984). En cuanto a la forma de la copa Daniel *et al.* (1982) mencionan que los árboles que presentan una porción de copa relativamente pequeña, tendrán

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

al final troncos más cilíndricos que aquellos que se desarrollan sin competencia.

4.2.3 Correlación entre variables de crecimiento, de forma de planta y puntaje total

Entre las características fenotípicas de los árboles selectos puede observarse que las correlaciones más altas fueron entre la edad y las variables de crecimiento (volumen, altura y diámetro) con valores que van desde 0.42 hasta 0.94 (Cuadro 2), esto indica que en cuanto mayor sea la edad mayores serán los valores de estas variables, esto puede deberse a que los genes que influyen sobre una característica también lo hagan sobre la otra. Es importante mencionar que con esto no se quiere decir que se seleccionen los árboles más viejos, sino que dichos árboles sean lo suficientemente maduros como para haber demostrado su potencial (Zobel y Talbert, 1988).

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

Cuadro 2. Valores de correlación de Pearson (r) entre características fenotípicas de la población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en Chihuahua.

**Significativo con $p \leq 0.01$. *Significativo con $p \leq 0.05$. ns no significativo, entre paréntesis se presentan los valores de la probabilidad de cometer el error tipo I (α).

Así mismo, se obtuvieron bajos valores de heredabilidad

Variable	Diámetro	Altura	Volumen	Rectitud de fuste	Poda	Copa	Puntaje total
Edad	0.43** ($<.0001$)	0.42** ($<.0001$)	0.43** ($<.0001$)	0.01ns (.8997)	-0.03ns (.8382)	-0.06ns (.4492)	0.11ns (.1938)
Diámetro		0.57** ($<.0001$)	0.94** ($<.0001$)	-0.17* (.0367)	-0.08ns (.3760)	-0.02ns (.8183)	0.17* (.0384)
Altura			0.71** ($<.0001$)	-0.05ns (.5100)	0.05ns (.5668)	0.08ns (.3069)	0.21** (.0084)
Volumen				-0.18* (.0293)	0.01ns (.8559)	0.01ns (.9130)	0.21** (.0099)
Rectitud de fuste					-0.11ns (.1449)	-0.05ns (.4988)	-0.12ns (.1323)
Poda						0.22** (.0068)	0.11ns (.1840)
Copa							0.18* (.0264)

individual a diferentes edades en genotipos de *Pinus patula* seleccionados en Sudáfrica para la altura, cabe mencionar que la única heredabilidad alta que se presentó fue a la primera edad ($0.1 \leq h^2 \leq 1.23$) y el diámetro, que presentó una baja heredabilidad (0.11 y 0.06) a dos edades diferentes (Saenz et al, 1994); por su parte Valencia et al, (1996) encontró

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

también una baja heredabilidad individual en la altura (0.14), diámetro (0.10) y volumen (0.15) en un estudio de velocidad de crecimiento y características de la madera en *Pinus patula*. Cabe mencionar que la heredabilidad es variable dependiendo de la especie y de la prueba genética que se practique (Whiteman et al., 1992).

La correlación de la rectitud de fuste presentó valores negativos y significativos contra las variables de diámetro (-0.17) y volumen (-0.18) (Cuadro 2) toda esta tendencia puede deberse a que se trata de árboles dominantes y que en la lucha de las yemas apicales y de las copas de dichos árboles por alcanzar la luz del sol se pueden producir torceduras en algunos de los casos, aunque estos casos también se han presentado en otros trabajos con correlaciones negativas entre la rectitud contra el diámetro ($r = -0.40$) y contra la altura ($r = -0.24$) en *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barr. et Golf. en una prueba de progenie donde además también se reporta una alta heredabilidad individual

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

para las variables de rectitud (0.34), diámetro (0.48) y altura (0.29) (Dean *et al.*, 1986).

Las correlaciones de la poda con las demás variables presentan únicamente valores negativos (Cuadro 2) y no significativos, excepto para la copa (0.22), lo que muestra que cuando mejor es la poda mejor es la estructura de la copa en cuanto a diámetro de ramas que será menor y en cuanto a densidad de la misma que será más compacta. Por su parte, Ladrach y Lambeth (1991) en una prueba de progenie de *Pinus patula* Schl. et Cham. obtuvieron que no había una diferencia significativa entre familias, o en otras palabras que la heredabilidad de la copa era igual a cero.

Por otra parte la copa también presentó correlación significativa con el puntaje total (0.18).

Por último el puntaje total también presentó correlaciones significativas con el diámetro, la altura, el volumen, y la copa, lo que indica que estas variables son las que mayor número de puntos brindan al puntaje total del árbol, y

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

presentó una correlación no significativa con las variables de edad, rectitud de fuste y poda (Cuadro 2).

4.3 Diferencial de selección e intensidad de selección en árboles de *Pinus durangensis* Martínez

Una vez ya seleccionados los 20 mejores árboles de la población selecta, puede observarse que el árbol con mayor puntaje es el “D802” con un total de 62.6 puntos, cabe mencionar que éste árbol tiene una ventaja de casi 9 puntos sobre el árbol “D810” que es el que le sigue con 53.9, de ahí en adelante el puntaje de los demás árboles es más constante sin variaciones tan grandes como esta, hasta llegar al árbol “D827” que fue de los 20 árboles seleccionados el de menor puntaje total con 29.3 puntos (Apéndice 10).

De acuerdo con los promedios obtenidos para la población original y la de los 20 mejores árboles de la población selecta se observa que los valores promedio de los 20 mejores árboles de la población selecta con respecto a la población original son superiores en las variables de diámetro, altura y volumen (Cuadro 3).

Con respecto a los coeficientes de variación el volumen fue el que presentó un mayor porcentaje seguido por el diámetro y posteriormente por la altura, tanto para la población original como para los 20 mejores árboles de la población selecta, cabe mencionar que los

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

coeficientes de variación de los 20 mejores árboles de la población selecta fueron mayores

Variable	n	Media	Desviación estándar fenotípica	Coef. de variación	Error estándar	Valor mínimo	Valor máximo
PO							
Diámetro(cm)	793	43.43	7	16.65	0.24	24.20	73.00
Altura(m)	793	23.32	3	14.52	0.11	15.50	37.00
Volumen(m ³)	793	2.07	0.91	44.22	0.03	0.516	7.319
MA							
Diámetro(cm)	20	49.67	10	21.84	2.24	38.50	71.20
Altura(m)	20	26.01	4	17.97	0.89	19.50	34.50
Volumen(m ³)	20	2.99	1	58.09	0.22	1.148	7.319

que los de la población original lo que indica que hubo un mayor contraste entre los valores de cada una de las variables de los 20 mejores árboles de la población selecta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores promedio de desviación estándar, coeficiente de variación y valores mínimos y máximos de características de los árboles de *Pinus durangensis* Martínez evaluados para la población original (n= 793) y de los 20 mejores árboles de la población selecta.

PO= Población original, MA= 20 mejores árboles de la población selecta.

Al igual que los coeficientes de variación, los valores error estándar de los 20 mejores árboles fueron mayores que los de la población original, solo que en este caso la mayor

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

variación la presenta el diámetro, seguido por la altura y después por el volumen, esto en ambos casos (Cuadro 3).

En lo que a diferencial de selección se refiere el del diámetro fue de 6.24 cm, el de la altura fue de 2.69 metros y por último el diferencial de selección del volumen fue de 0.92

Variable	Media de población original	Media de árboles selectos	s	Desviación estándar fenotípica	i
Altura (m)	43.43	49.67	6.24	7	0.89
Diámetro (cm)	23.32	26.01	2.69	3	0.90
Volumen (m ³)	2.07	2.99	0.92	0.91	1.01

metros cúbicos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores para la altura (m), diámetro (cm) y volumen (m³) de la media, del diferencial de selección, desviación estándar fenotípica y de la intensidad de selección de la población original y de los 20 mejores árboles de la población selecta de *Pinus durangensis* Martínez.

s=Diferencial de selección, i=Intensidad de selección.

Con respecto a los resultados de la intensidad de selección en la altura se obtuvo un valor de 0.89 en la altura, de 0.90 en diámetro y de 1.01 en volumen. Puede observarse que en las tres variables se obtuvo un valor de intensidad de selección cercano a 1 lo que significa que la media de los 20 mejores árboles de la población selecta es solamente una desviación estándar mejor la media de la población original (Cuadro 4). Un valor de intensidad de

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

selección ideal en un bosque natural como es el caso de este trabajo, debe de ser de 2 a 3 desviaciones estándar mayor de

La población selecta sobre la población original (Wright, 1976). Como se puede ver en ninguna de las tres variables aquí analizadas se logran cumplir con esos valores, esto se puede explicar porque la población original contra la que fue comparada los 20 mejores árboles de la población selecta está integrada mayoritariamente por testigos de árboles superiores y por ende el número de individuos disminuye considerablemente y en respuesta el grado de comparación disminuye también, además cabe mencionar que estos árboles testigo son superiores al promedio normal de una población.

En lo que se refiere a las características de forma de planta como copa, rectitud y poda de la población selecta, a éstas no se les determinó el diferencial y la intensidad de selección por la razón de que la población original (testigos) contra la que fue comparada no contaba con las datos de estas variables puesto que el formato del Centro de Genética Forestal, A. C., no los maneja en los árboles testigos contra los que son comparados los árboles selectos.

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua

Al *Pinus durangensis* se le conoce como pino blanco, pino de seis hojas y pino ocote (Perry, 1991). Este pino tiene alturas de 30 a 40 m, diámetro de 50 a 80 cm, corteza áspera de color gris oscuro, de 15 a 25 mm de espesor, hojas en fascículos de 6, a veces 5 ó 7, raramente 8, de 15 a 18 mm de longitud. Conos solos o en grupos de 2, 3 y 4 en pedúnculos cortos y fuertes, escamas pequeñas con una espina aguda, son de color café rojizo, la semilla es de 5 a 7 mm de longitud por 2 mm de grueso con una ala de 12 a 15 mm de largo, con aproximadamente 24,200 semillas por kilogramo (Martínez, 1948; Perry, 1991).

La especie forma rodales puros de extensiones considerables, con variaciones altitudinales de 2200 a 2800 msnm, con precipitación variable de 600 a 1600 mm, la temperatura media es de 13.3°C. Se distribuye en el Noroeste de la Sierra Madre Occidental, hay pequeños islotes de poblaciones en el Sureste de Arizona y en el extremo Suroeste

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

de Nuevo México, el rango de extensión también abarca hacia el Sur de Sonora, Oeste de Chihuahua, Oeste de Durango, Este de Sinaloa y termina en el Suroeste de Zacatecas (Perry, 1991).

2.2 El programa de mejoramiento genético en el estado de Chihuahua

En el programa de mejoramiento genético de los bosques de Chihuahua la estrategia a largo plazo es el establecimiento de huertos semilleros, donde la base fundamental es la selección de árboles con características fenotípicas superiores (Clausen *et al.*, 1994).

El árbol selecto es aquel que se ha recomendado para utilizarlo en un huerto de investigación o producción, después de haberlo evaluado. Posee características fenotípicas superiores en crecimiento, rectitud del fuste y producción, y parece ser adaptable. Sin embargo, aun no se ha valorado su valor genético, aunque las probabilidades de que posea un buen genotipo para características de heredabilidad son altas (Zobel y Talbert, 1988).

En el programa de mejoramiento es importante la obtención de ganancias inmediatas de los productos deseados tan rápida y eficientemente como sea posible, utilizando árboles cosechables mejor adaptados, de mejor calidad y más productivos. Las máximas ganancias se obtienen usando como

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

progenitores unos pocos de los individuos selectos, para abastecer de plántulas a los programas operativos. Por otra parte, la utilización de árboles selectos tiene que ver con el largo plazo, siendo estos necesarios para proveer una base genética amplia esencial para el progreso continuo a través de muchas generaciones (Hernández, 1992).

2.3 Selección de árboles superiores

Un primer paso en el mejoramiento de los bosques involucra el reconocimiento y selección de árboles superiores. Debe darse énfasis que la selección fenotípica de árboles superiores es sólo un paso inicial en el objetivo de aislar las combinaciones genéticamente deseables, lo que se traduce en el establecimiento de huertos semilleros. Se debe reconocer que también es aconsejable aislar totalmente los fenotipos no deseados. En otros términos, se debe saber si las características malas son hereditarias así como las buenas (Rudolf, 1956).

La selección de árboles no crea nuevos genes; simplemente aumenta la frecuencia de esos genes disponibles. La media de las características de los individuos seleccionados aumenta gracias a la selección, es así que, la frecuencia de

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

combinaciones del gen favorable (los genotipos) también será mayor en la nueva población, la mejor manera de conocer la constitución genética de un grupo de individuos es evaluándolos mediante su progenie, y mediante esta conocer el potencial genético de dicho grupo. Cualquier pariente puede usarse para estimar el valor genético, pero entre más íntima sea la relación genética, mejor será la información (Bridgwater y Ledig, 1986).

Existen diferentes métodos utilizados para la selección de árboles superiores, los más utilizados son el de selección por comparación con árboles testigo y el de selección por méritos propios (Flores y Vargas, 2001).

En la selección por méritos propios o sin árboles testigos, el procedimiento consiste en la selección individual de árboles, donde el árbol candidato no es comparado con otros árboles y es selecto si excede por una cantidad arbitraria al promedio de una regresión base, como resultado de la relación que existe entre la altura o el diámetro con la edad (Clausen *et al.*, 1994).

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

La selección por comparación con árboles testigo se aplica cuando se trata de rodales coetáneos y puros, y el árbol candidato es selecto si excede en un puntaje arbitrario en comparación con el promedio de los árboles testigo (Clausen *et al.*, 1994). En la práctica algunas veces es difícil encontrar cinco árboles para comparar, en cuyo caso, para la comparación tres fueron suficientes (Forshell, 1964).

La evaluación del crecimiento en altura y diámetro, la ausencia de plagas o enfermedades, así como la producción de semilla, son características prioritarias en la selección de árboles superiores. El criterio en la evaluación de la rectitud del fuste, poda natural y características de la copa, es subjetivo ya que se define en base a la experiencia preliminar sobre la variación fenotípica de la especie (Clausen *et al.*, 1994).

El número de árboles superiores que deben usarse para el establecimiento del huerto semillero, cuando se está trabajando con especies donde la reproducción vegetativa es difícil de determinar, debe incluir un número razonable de individuos si se quiere eliminar la gran pérdida de reproducción que provoca la degeneración por autocruzamiento, que es eliminada por una selección amplia. Para el caso de los pinos, difícilmente podrán ser recomendados menos de 10 clones en un huerto semillero, y esto probablemente sólo con fines experimentales (Noda y Pérez, 1986).

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

2.4 Diferencial de selección e intensidad de selección

La selección de árboles se hace principalmente con dos consideraciones en mente; 1) que las árboles selectos tengan la menor afinidad familiar posible para evitar problemas de endogamia entre los mismos; y 2) que el número de árboles selectos sea suficientes para contar con una base genética amplia para lograr los objetivos a largo plazo (Quijada, 1980).

Cuando se seleccionan árboles con una característica en mente como diámetro, altura o volumen, la media de los árboles selectos será diferente al resto de la población original, a la diferencia entre la media de la población selecta y la media de la población original se le llama diferencial de selección (S), con este valor y con el de la desviación estándar puede determinarse la intensidad de selección (i), que es la que muestra cuántas desviaciones estándar excede a la media de la población original la media de la población seleccionada, en otras palabras muestra

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

cuantas desviaciones estándar fenotípicas es mejor que la media de la población original (Zobel y Talbert, 1988; Van Buijtenen, 1992; Quijada, 1980). Para estimar la media de la población original se puede hacer mediante un muestreo de la misma, pero cuando ello no es posible en algunos casos se ha utilizado como patrón de referencia poblacional, las medidas de los cuatro o cinco mejores árboles vecinos al árbol selecto llamados árboles testigos (Quijada, 1980). Cabe mencionar que al llevar a cabo esto se tiende a disminuir la población original y por consiguiente el grado de referencia de los árboles selectos contra un mayor número de individuos, y con esto podrían verse no cumplidos los valores de diferencial y de intensidad de selección óptimos para esas condiciones.

Si en una población se seleccionan los mejores individuos como progenitores de la próxima generación, se puede expresar la ganancia genética (GG) como el desplazamiento de la media entre las progenies de los individuos seleccionados y la población entera, a dicho desplazamiento entre medias también

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

se le denomina respuesta a la selección (R) (Ditlevsen, 1980; Mariotti, 1986).

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

7 LITERATURA CITADA

- Alcocer, P. F. 1987. Un Siglo en el Bosque. Editorial Gaytán. Chihuahua, Chihuahua, México. 153 p.
- Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Estudio FAO: Montes. Volumen 2. FAO, Roma. 80 p.
- Bribgwater, F. E. y F. T. Ledig. 1986. Selecting for Super Trees. *Journal of Forestry*. 84: 53-56.
- Clausen, K. E., C. Flores L. y J. Vargas H. 1994. Avances del Programa de Mejoramiento Genético Forestal en Chihuahua. Nota Técnica No. 8. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, Méx. 13 p.
- Chacón S.,J. M. y M. Cano R. 1998. Estructuras arbóreas de la región de San Juanito-Creel y su comportamiento. INIFAP. Folleto Científico No. 8. centro de Investigación Regional Norte Centro, Cd. Madera, Chihuahua, México. 32 p.
- Daniel, P. W., U. E. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura. 2ª edición. Libros McGRAW-HILL. México, D. F. 492 p.
- Dean, C. A., P. P. Coterill y R. L. Eiseman. 1986. Genetic parameters and gains expected from selection in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Northern Queensland, Australia. *Silvae Genetica*. 41(2): 77-81.
- Ditlevsen, B. 1980. Principios generales y su aplicación práctica en la mejora de árboles forestales *In*: Curso de capacitación FAO/DANIDA sobre la mejora genética de árboles forestales. Estudio FAO: Montes. Volumen 20. FAO, Roma. pp. 177-188.

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

- Flores L., C. y J. Vargas H. 2001. Características de árboles selectos de *Pinus herrerae* Martínez en Chihuahua. In: Resúmenes del V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Guadalajara, Jal., México. pp. 245-247.
- Forshell, W. P. 1964. La genética en la práctica forestal de Suecia. Apéndices: A. Criterios para valoración en la selección de árboles. Reunión FAO/IUFRO sobre genética forestal. Unasyuva 18(2-3): 73-74.
- Hernández D., J. 1992. Notas básicas sobre mejoramiento genético forestal. Ciencia Forestal. 64 (13): 30-48.
- Hocker, H. W. 1984. Introducción a la biología forestal. A. G. T. Editor. México, D. F. 446P.
- Husch, B., CH. I. Miller y T. W. Beers. 1982. Forest Mensuration. John Wiley & Sons. New York. 402 p.
- INEGI. 1980a. Cartas de uso del suelo y vegetación. Claves H12-9, H12-12, H13-10, H13-7, G12-3, G12-6, G13-1, G13-4, G13-7. Escala 1:250, 000.
- INEGI. 1980b. Cartas topográficas. Claves H12-9, H12-12, H13-7, H13-10, G12-3, G12-6, G13-1, G13-4, G13-7. Escala 1:250, 000.
- Ladrach, W. E. y C. Lambeth. 1991. Growth and heredability estimates for a seven-year-old open-pollinated *Pinus patula* progeny test in Colombia. Silvae Genetica. 40 (5-6): 169-173.
- Mariotti, J. A. 1986. Fundamentos de genética biométrica. Aplicaciones al mejoramiento genético vegetal. Monografía No. 32. Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C. 152p.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2ª edición. Ediciones botas. México, D.F. 361 p.
- Noda J., A. L. y M. Pérez S. 1986. Mejoramiento por selección individual. In: Genética y mejoramiento arbóreo. Departamento de producción vegetal.

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

Centro Universitario de Pinar del Río. Ministerio de Educación. La Habana, Cuba. pp. 260-278.

Perry Jr., J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. 563 p.

Quijada R., M. 1980. Selección de árboles forestales. *In*: Curso de capacitación FAO/DANIDA sobre la mejora genética de árboles forestales. Estudio FAO: Montes. Volumen 20. FAO Roma. pp. 169-176 .

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. 32 p.

Saenz R., C., H. Nienstaedt y J. Vargas H. 1994. Performance of *Pinus patula* genotypes selected in South Africa and growing in their native Mexican environment. *Silvae Genetica*. 43(2-3): 73-81.

SEMARNAT. 2000. Anuario estadístico de la producción Forestal 2000. Dirección General Forestal. México, D.F. 154 p.

UNAM. 1970. Cartas de climas. Claves 13R-III, 13R-V, 12R-II, 12R-IV, 12R-VI., Escala 1:500,000. Dirección de planeación UNAM.

Valencia M., S., J. J. Vargas H. J. D. Molina G. y J. Jasso M. 1996. Control genético de la velocidad de crecimiento y características de la madera en *Pinus patula*. *Agrociencia*. 30(2): 265-273.

Van Buijtenen, J. P. 1992. Fundamental genetic principles. *In*: Handbook of Quantitative Forest Genetics. Volume 39. Kluwer Academic Publishers. Norwel, MA, U.S.A. pp.29-68.

Whiteman, P. H., C. A. Dean, J. C. Doran y J. N. Cameron. 1992. Genetic parameters and selection strategies for *Eucalyptus nitens* (Dean and Maiden) in Victoria. *Silvae Genetica*. 35(5-6): 229-236.

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

Wright, J. W. 1976. Introduction to forest genetics. Academic Press. New York, New York. 463 p.

Zobel, B. y J. Talbert. 1988. técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Ed. Limusa. 545 p.

Cuadro 1. Clima, suelo, hidrología y comunidades vegetales de la zona de estudio.

Apéndice 1. Ejemplo de un árbol seleccionado de acuerdo con el formato para seleccionar árboles superiores (Centro de Genética Forestal, A. C.).

Tipo de rodal X Natural Plantación No. De rodal Edad 63 años
 Estado Chihuahua Municipio Madera Poblado Año de Hidalgo
 Propiedad Colonia Año de Hidalgo Paraje Las Trampas Empresa UDF-1
 Altitud 2300 msnm Latitud 29° 21' 25'' Longitud 108° 08' 50''
 Seleccionador Celestino Flores L., L. Grijalva D. Fecha 31 De Octubre de 1989.

II. Caracteres del árbol candidato

- 1. Altura (m)23.0
- 2. d.a.p. (cm)37.8
- 3. Volumen (m³)1.584
- 4. Copa4.0
- 5. Rectitud del fuste.....3.5
- 6. Poda natural2.0
- 7. Ajuste por edad+3.0
- *Suma de puntaje de 4 a 712.5

III. Comparación de puntajes:

Carácter	Candidato	Testigo	Ptje. de candidato
Volumen	1.584	1.266	2.5
Altura	23.0	21.4	3.0
*Suma de puntaje			12.5
Puntaje total			18.0

IV Observaciones:

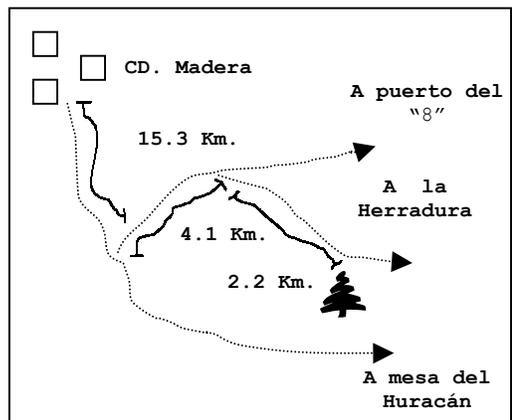
Exposición cenital. Estrato superior P. durangensis-P. engelmannii. Estrato inferior P. durangensis-P. engelmannii-Juniperus sp. Sin presencia de conos.

V. Mediciones de los mejores 5 árboles dominantes testigos

Testigos	Altura	d.a.p.**	Vol.	Edad
1	24.0	35.4	1.458	69
2	23.5	39.7	1.778	70
3	20.5	31.1	0.955	70
4	17.5	32.4	0.873	64
5				
Total	85.5	138.6	5.064	273
Promedio	21.4	34.7	1.266	68

**d.a.p.= diámetro normal (1.3 m)

VI. Mapa de ubicación del árbol candidato



Instrucciones para otorgar el puntaje al candidato:

$$1. \text{ Altura} = \frac{Ac}{At} \times 100 \quad Ac = \text{Altura del candidato}$$

$$At = \text{Altura } \bar{x} \text{ de los testigos}$$

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

Altura (%)	Edad (años)		
	< 30	31 a 50	> 50
<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.

$$3. \text{ Volumen} = \frac{Vc}{Vt} \quad Vc = \text{Volumen del candidato}$$

$$Vt = \text{Volumen } \bar{x} \text{ de los testigos}$$

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

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

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

6. Poda natural. Se evalúa comparando el candidato visualmente con los testigos, considerando tanto ramas vivas como muertas. El promedio de los testigos vale cero y se otorgan de uno a tres 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 la del promedio de los testigos recibe un punto negativo por cada año mas 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) El peso específico y la longitud de traqueidas del candidato deberán ser igual o mayor al peso específico y longitud de traqueidas promedio regionales.
- c) Ningún candidato deberá presentar síntomas de ataques de plagas o enfermedades; bifurcaciones etc.
- d) La búsqueda de candidatos deberá realizarse sistemáticamente en todos los mejores rodales que presenten las diferentes calidades de estación donde habita la especie de la región donde se utilizara la semilla.
- e) La distancia mínima entre un candidato y otro no deberá ser menor a 100 m en rodales naturales. En plantaciones puede ser menor.

Apéndice 2. Base de datos de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Clave *	Árbol Selecto							Testigos					Calificación (Puntaje)				
	Edad	Diámetro	Altura	Vol.**	Copa	Rectitud	Ajuste por			Diámetro	Altura	Vol.**	Edad	Fenotipo	Altura	Vol.**	Total
							Edad	Poda									
D101	60	43.5	23.0	2.154	3.0	4.4	.	0.0	.	.	.	.	7.4	0	.	7.4
D102	72	44.4	21.5	1.898	3.5	3.7	-9	2.0	42.5	17.9	1.540	60	0.2	8	2.3	10.5	
D103	74	41.5	23.5	1.980	3.0	3.7	4	0.0	39.2	20.7	1.537	80	10.7	5	2.0	18.5	
D104	83	39.5	24.5	1.843	3.5	3.8	0	2.0	36.4	22.2	1.423	80	9.3	4	2.9	16.2	
D105	71	39.0	23.0	1.680	3.5	4.5	12	1.5	36.2	21.3	1.346	85	21.5	3	2.4	26.9	
D106	64	55.2	23.0	3.296	3.0	3.0	15	2.0	45.0	21.9	2.134	81	23.0	0	5.4	28.4	
D107	78	41.2	22.5	1.651	3.0	3.7	1	1.0	39.2	21.1	1.563	81	8.7	3	0.6	12.3	
D108	80	38.3	24.0	1.701	3.5	4.2	2	2.0	37.5	22.1	1.490	84	11.7	3	1.4	16.1	
D109	67	38.5	21.5	1.523	3.0	3.8	11	1.7	37.3	19.8	1.309	80	19.5	4	1.6	25.1	
D110	68	37.5	22.5	1.523	4.0	4.0	2	2.0	36.7	19.8	1.260	72	12.0	6	2.0	20.0	
D111	63	37.8	23.0	1.584	4.0	3.5	3	2.0	34.7	21.4	1.266	68	12.5	3	2.5	18.0	
D112	71	43.0	21.5	1.898	4.0	4.2	5	2.0	42.3	17.4	1.349	78	15.2	2.4	4.0	21.6	
D201	52	45.0	23.6	2.313	4.0	4.0	.	1.5	.	.	.	.	.	.	.	9.5
D202	57	36.5	22.5	1.278	4.0	3.7	0	1.5	37.2	21.0	1.349	57	9.2	3	-0.5	11.7	
D203	56	41.8	19.5	1.464	3.5	4.3	.	0.0	.	.	.	.	.	.	.	7.8
D204	45	40.1	20.0	1.464	3.5	3.5	0	1.0	41.0	17.7	1.381	46	8.0	4	0.6	12.6	
D205	47	35.3	21.5	1.132	4.0	3.5	.	1.0	.	.	.	.	.	.	.	8.5
D206	78	43.2	22.5	1.927	3.5	3.0	0	1.7	40.9	20.2	1.567	78	8.2	4	2.3	14.5	
D207	84	43.0	25.5	2.159	3.0	4.0	0	1.5	40.3	23.5	1.763	84	8.5	4	2.2	14.7	
D208	78	45.4	22.0	2.078	3.8	4.2	0	1.8	43.7	19.6	1.723	80	9.8	5	2.1	16.9	
D209	75	40.0	23.0	1.693	4.0	3.8	-1	2.0	39.4	19.4	1.395	76	8.8	7	2.1	17.9	
D210	85	41.3	23.5	1.841	3.0	3.5	0	1.8	39.1	22.1	1.565	87	8.3	3	1.7	13.0	
D211	77	51.5	22.5	2.720	2.7	4.2	8	2.0	47.9	20.7	2.183	87	16.9	4	2.5	23.4	
D212	78	42.2	23.0	1.880	2.0	4.5	-1	1.8	40.0	21.9	1.616	79	7.3	0	1.6	8.9	
D213	62	42.5	22.5	1.866	3.8	4.0	11	1.5	41.7	19.2	1.543	75	20.3	7	2.1	29.4	
D214	76	50.7	21.5	2.523	3.5	2.8	5	1.8	49.0	19.9	2.197	83	13.1	3	1.5	17.6	

Clave *	Árbol Selecto							Testigos				Calificación (Puntaje)				
	Edad	Diámetro	Altura	Vol.**	Copa	Rectitud	Ajuste por		Diámetro	Altura	Vol.**	Edad	Fenotipo	Altura	Vol.**	Total
							Edad	Poda								
D219	99	47.5	22.8	2.404	3.6	4.0	0	0.5	48.2	20.5	2.155	96	8.1	4	1.1	13.2
D301	97	41.7	29.5	2.073	4.0	3.0	3	0.0	39.6	28.5	1.848	102	10.0	0	1.2	11.2
D302	40	46.7	22.0	2.100	3.5	3.5	0	0.0	31.6	17.7	0.831	41	7.0	8	15.3	30.3
D303	53	34.5	21.0	1.316	3.0	3.0	0	1.0	25.6	18.7	0.569	51	7.0	5	13.1	25.1
D304	70	34.0	27.0	1.370	3.5	4.0	0	2.0	34.9	22.8	1.292	67	9.5	7	0.6	17.1
D305	83	33.0	25.0	1.217	3.0	3.8	4	2.0	31.6	21.5	0.993	89	12.8	6	2.3	21.1
D306	97	62.2	30.5	4.799	3.0	4.0	3	1.5	52.7	28.0	3.592	102	11.5	4	3.3	18.8
D307	78	51.8	26.0	3.177	3.5	4.0	6	1.0	43.4	23.9	2.074	86	14.5	4	5.3	23.8
D308	83	55.5	31.0	4.008	3.5	4.0	11	1.5	52.3	30.2	3.665	96	20.0	0	0.9	20.9
D309	99	58.7	27.5	4.170	3.5	3.0	-6	1.1	52.4	25.0	3.171	90	1.6	4	3.1	8.7
D310	92	56.8	28.0	4.008	3.0	1.0	8	3.9	50.2	24.6	2.919	102	15.9	5	3.7	24.6
D311	77	39.8	22.5	1.517	3.8	4.5	0	0.6	36.4	23.0	1.367	77	8.9	10	1.0	19.9
D312	96	44.3	21.5	1.835	3.0	4.0	-5	1.0	40.4	20.0	1.464	88	3.0	3	2.5	8.5
D313	79	40.0	25.0	1.801	2.6	4.2	0	1.2	39.8	23.6	1.557	79	8.0	0	1.5	9.5
D314	77	49.0	27.0	3.291	2.7	4.3	0	0.5	43.8	23.9	1.983	77	7.5	5	6.5	19.0
D401	45	35.5	24.0	1.450	4.7	3.0	5	2.0	33.5	22.8	1.263	52	14.7	0	1.5	16.2
D402	108	34.5	23.0	1.322	3.0	4.0	-2	2.6	35.1	22.0	1.317	103	7.6	0	0.0	7.6
D403	82	39.5	24.0	1.824	4.3	4.5	20	1.6	40.5	22.7	1.785	104	30.4	0	0.2	30.6
D404	104	45.0	23.5	2.248	3.8	4.3	0	1.7	45.1	24.1	2.319	106	9.8	0	-0.3	9.5
D405	100	37.5	24.0	1.616	3.0	4.0	3	2.5	37.8	23.3	1.595	105	12.5	0	0.1	12.6
D406	82	34.0	23.0	1.288	4.2	3.9	-2	0.0	35.4	22.1	1.352	77	6.1	0	-0.5	5.6
D407	85	39.0	23.4	1.702	4.5	4.0	-4	2.5	39.0	19.0	1.444	78	7.0	9	1.7	17.7
D408	82	53.0	29.5	3.798	3.5	4.0	-1	1.0	45.2	25.2	2.481	78	7.5	7	5.3	19.8
D409	71	41.5	26.0	2.111	3.5	3.7	8	1.0	41.0	24.6	2.006	81	16.2	3	0.5	19.7
D410	76	50.0	23.0	2.702	4.0	3.5	4	1.5	45.2	23.0	2.250	82	13.0	0	2.0	15.0
D411	74	48.5	24.0	2.652	3.0	3.0	0	1.0	41.8	20.9	1.754	76	7.0	6	5.1	18.1
D412	94	42.2	23.5	1.991	3.7	3.5	0	2.5	37.8	21.9	1.513	92	9.7	3	3.1	15.8
D413	71	44.0	24.5	2.238	3.7	3.9	6	1.0	41.9	22.2	1.878	79	14.6	4	1.9	20.5
D414	85	46.5	32.5	3.240	4.5	3.9	0	2.6	41.4	23.0	1.886	82	11.0	10	7.2	28.2

Clave*	Árbol Selecto							Testigos				Calificación (Puntaje)				
	Edad	Diámetro	Altura	Vol.**	Copa	Rectitud	Ajuste por		Diámetro	Altura	Vol.**	Edad	Fenotipo	Altura	Vol.**	Total
							Edad	Poda								
D702	78	43.0	22.0	1.806	4.0	4.7	-1	1.5	39.7	20.5	1.425	74	9.2	3	2.6	14.8
D703	79	51.5	22.5	2.627	4.0	3.8		1.0	43.7	22.0	1.893	79	8.8	0	3.8	12.6
D704	86	48.0	28.0	2.838	3.0	4.3	-1	1.0	42.0	26.5	2.069	82	7.3	3	3.7	14.0
D705	71	47.0	23.0	2.245	4.5	4.5	4	1.7	42.0	22.3	1.765	77	14.7	0	2.7	17.4
D706	78	45.5	22.5	2.014	3.0	4.7	0	1.5	42.4	21.1	1.689	75	9.2	3	1.9	14.1
D707	75	58.5	25.5	3.813	4.0	4.5	0	1.0	46.0	24.7	2.327	76	9.5	0	6.4	15.9
D708	72	42.0	26.0	1.967	3.0	4.0	0	2.0	36.8	24.3	1.450	71	9.0	3	3.5	15.5
D709	63	44.5	27.5	2.322	3.0	3.0	8	1.0	38.7	23.7	1.543	73	15.0	6	5.0	26.0
D710	74	46.5	26.5	2.436	4.0	4.0	0	1.5	41.6	23.5	1.748	74	9.5	5	3.9	18.4
D711	86	71.2	30.0	6.570	2.5	4.9	19	0.0	63.5	28.0	5.116	107	26.4	3	2.8	32.2
D712	71	46.6	29.0	2.765	4.0	4.8	0	1.8	40.9	24.5	1.812	72	10.6	7	5.3	22.9
D713	70	47.5	23.0	2.287	3.6	3.8	4	1.0	43.9	22.8	1.947	76	12.4	0	1.7	14.1
D714	68	50.4	26.0	2.897	3.0	3.9	0	1.2	46.6	22.0	2.113	70	8.1	7	3.7	18.8
D715	76	41.4	22.0	1.672	3.0	4.0	0	1.0	36.6	19.8	1.193	78	8.0	4	4.0	16.0
D716	71	55.9	25.0	3.415	3.5	2.7	11	0.5	50.5	22.6	2.548	84	17.7	4	3.4	25.1
D717	72	46.0	24.0	2.238	3.0	3.9	0	0.0	44.0	21.5	1.856	70	6.9	5	2.1	14.0
D718	91	55.5	26.5	3.684	3.5	3.8	6	0.0	46.4	26.9	2.699	99	13.3	0	3.6	16.9
D719	92	52.2	26.5	3.276	3.5	4.0	11	1.0	49.8	25.0	2.865	105	19.5	3	1.4	23.9
D720	79	46.4	29.0	2.865	3.8	4.0	11	1.5	46.0	25.2	2.499	92	20.3	6	1.5	27.8
D721	79	62.0	29.0	4.994	3.5	2.8	-1	1.5	54.3	26.5	3.546	75	6.8	4	4.1	14.9
D722	73	49.5	30.5	3.414	4.0	2.8	0	1.0	47.9	27.2	2.848	74	7.8	5	2.0	14.8
D723	95	49.5	30.5	3.414	3.5	3.0	5	1.0	48.3	27.7	2.964	102	12.5	4	1.5	17.0
D724	72	43.2	28.0	2.410	3.0	3.0	20	0.0	41.6	25.1	2.033	94	26.0	5	1.9	32.9
D725	85	44.7	27.0	2.480	4.0	4.5	5	1.5	41.0	23.5	1.844	92	15.0	6	3.4	24.4
D726	87	49.0	29.0	3.180	3.5	4.0	6	1.7	45.5	25.3	2.446	95	15.2	6	3.0	24.2
D727	89	63.2	23.0	3.714	4.1	3.9	-5	0.0	53.2	22.4	2.605	81	3.0	0	4.3	7.3
D728	84	37.1	21.0	1.211	3.0	3.1	0	0.0	36.1	17.6	0.962	84	6.1	7	2.6	15.7
D729	77	45.2	21.5	1.815	3.8	3.5	0	0.0	40.9	19.4	1.356	79	7.3	4	3.4	14.7
D730	85	49.1	22.5	2.232	3.8	3.7	5	1.2	44.6	22.3	1.852	92	13.7	0	2.1	15.8

Clave*	Árbol Selecto						Testigos				Calificación (Puntaje)					
	Edad	Diámetro	Altura	Vol.**	Copa	Rectitud	Ajuste por		Diámetro	Altura	Vol.**	Edad	Fenotipo	Altura	Vol.**	Total
D731	76	46.3	23.0	2.040	3.9	4.7	0	2.0	43.3	20.4	1.642	73	10.6	4	2.4	17.0
D732	67	43.9	21.0	1.705	3.0	3.0	0	1.0	41.1	20.3	1.429	67	7.0	0	1.9	8.9
D733	69	39.5	19.5	1.265	3.0	3.8	0	2.0	37.5	18.7	1.106	67	8.8	0	1.4	10.2
D734	79	41.2	22.5	1.593	3.5	4.0	0	0.8	36.8	19.9	1.131	81	8.3	5	4.1	17.4
D801	87	43.0	31.0	2.309	4.0	3.8	33	0.0	42.1	28.0	2.031	122	40.8	4	1.4	46.2
D802	108	50.0	28.0	2.797	3.5	4.2	43	1.0	43.8	24.6	1.871	153	51.7	6	4.9	62.6
D803	62	43.0	24.0	1.756	4.0	4.0	0	0.0	40.1	22.4	1.463	61	8.0	3	2.0	13.0
D804	56	41.9	26.5	2.410	3.5	3.5	3	2.0	39.1	24.5	1.902	61	12.0	3	2.7	17.7
D805	63	30.0	22.0	1.010	3.0	4.5	1	0.0	28.0	21.9	0.916	66	8.5	0	1.0	9.5
D806	58	40.5	21.7	1.690	4.0	3.5	20	2.5	36.4	19.6	1.264	80	30.0	4	3.4	37.4
D807	86	46.0	28.0	2.833	4.0	4.5	2	2.0	43.3	26.4	2.415	90	12.5	3	1.7	17.2
D808	97	60.2	26.5	4.312	3.5	3.6	12	2.0	54.6	26.5	3.664	111	21.1	0	1.7	22.8
D809	68	39.4	28.5	2.188	4.8	3.2	18	2.5	36.9	23.3	1.565	88	28.5	8	3.9	40.4
D810	90	63.5	30.0	5.438	4.5	3.0	28	2.6	52.9	28.8	2.281	120	38.1	0	13.8	51.9
D811	72	39.2	21.5	1.592	4.5	4.3	28	2.0	37.6	21.2	1.476	102	38.8	0	0.7	39.5
D812	114	68.8	34.5	7.319	4.2	3.0	19	2.4	58.3	32.2	5.083	135	28.6	3	4.4	36.0
D813	90	49.5	28.5	3.292	4.2	3.5	5	2.5	46.6	26.6	2.761	97	15.2	3	1.9	20.1
D814	68	55.0	30.5	3.439	4.0	4.5	3	1.0	52.3	27.9	3.007	73	12.5	4	1.4	17.9
D815	68	44.8	24.0	2.401	3.5	3.8	0	2.0	41.1	21.4	1.593	66	9.3	5	5.0	19.3
D816	58	44.7	24.0	2.401	3.5	4.8	5	1.8	39.8	21.6	1.528	65	15.1	4	5.7	24.8
D817	58	39.0	22.0	1.521	4.0	3.5	1	1.7	38.7	20.6	1.392	61	10.2	3	0.9	14.1
D818	67	37.8	22.0	1.521	3.0	4.0	2	1.3	37.6	19.7	1.263	71	10.3	5	7.8	23.1
D819	83	58.5	26.0	4.018	4.0	3.0	-1	2.0	47.8	19.8	2.009	79	8.0	10	10	28.0
D820	100	50.7	31.0	2.899	3.0	4.0	-1	2.0	40.1	21.0	1.674	96	8.0	10	7.0	25.3
D821	102	54.6	24.5	3.439	3.0	3.0	.	1.0	.	.	.	.	.	.	.	.
D822	73	51.6	30.0	2.899	3.0	4.8	.	1.0	.	.	.	.	.	.	.	.
D823	73	39.5	28.0	1.944	3.2	3.0	4	1.5	48.4	24.2	2.494	79	11.7	6	7.7	25.4
D824	69	52.9	26.5	2.899	3.1	4.3	4	1.0	48.8	25.5	2.747	75	12.4	0	0.5	12.9
D825	103	49.2	30.0	2.899	4.0	3.2	1	1.0	44.9	30.3	2.277	106	9.2	10	2.7	21.9

Clave *	Árbol Selecto							Testigos				Calificación (Puntaje)			Total	
	Edad	Diámetro	Altura	Vol.**	Copa	Rectitud	Ajuste por		Diámetro	Altura	Vol.**	Edad	Fenotipo	Altura		Vol.**
D826	102	53.2	37.0	3.439	3.7	5.9	Edad	Poda	45.1	31.0	2.401	109	12.6	7	4.3	23.9
D827	109	66.2	30.0	4.638	4.0	4.0	6	1.0	49.2	25.7	2.523	117	15.0	6	8.3	29.3
D828	110	59.0	34.5	4.018	3.7	3.3	-1	0.5	50.9	28.2	2.913	106	6.5	8	3.7	18.2
D829	100	60.4	34.0	4.018	3.0	2.5	15	1.5	63.1	30.5	4.458	117	22.0	4	9.0	35.0
D903	85	48.5	26.5	2.796	3.0	4.7	0	1.5	43.1	26.0	2.215	87	9.2	0	2.6	11.8
D904	67	42.0	23.0	1.828	3.0	4.7	0	1.5	36.4	20.0	1.190	64	9.2	6	5.3	20.5
D905	91	48.5	29.0	3.070	3.0	4.0	0	1.5	46.4	26.7	2.601	93	8.5	3	1.8	13.3

*D802= La letra corresponde a la inicial de la especie, el primer número a la unidad forestal y los dos siguientes números corresponden al número de árbol selecto. **Vol.= Volumen.

Apéndice 3. Valores de frecuencias por categorías diámétricas y valores de frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Categoría Diamétrica	Frecuencia	Frec. Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
30	1	1	0.68	0.68
35	10	11	6.76	7.43
40	37	48	25.00	32.43
45	40	88	27.03	59.46
50	30	118	20.27	79.73
55	15	133	10.14	89.86
60	10	143	6.76	96.62
65	3	146	2.03	98.65
70	2	148	1.35	10.00

Apéndice 4. Valores de frecuencia de altura dominante y valores de frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Altura dominante	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
15	0	0	0.00	0.00
20	27	27	18.24	18.24
25	85	112	57.43	75.68
30	31	143	20.95	96.62
35	5	148	3.38	100.00
40	0	148	0.00	100.00

Apéndice 5. Valores de frecuencias por edad y valores de frecuencia, frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Años	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
35	0	0	0.00	0.00
40	1	1	0.68	0.68
45	3	4	2.03	2.70
50	1	5	0.68	3.38
55	4	9	2.70	6.08
60	6	15	4.05	10.14
65	9	24	6.08	16.22
70	21	45	14.19	30.41
75	19	64	12.84	43.24
80	22	86	14.86	58.11
85	20	106	13.51	71.62
90	11	117	7.43	79.05
95	11	128	7.43	86.49
100	7	135	4.73	91.22
105	2	137	1.35	92.57
110	8	145	5.41	97.97
115	2	147	1.35	99.32
120	0	147	0.00	99.32
125	0	147	0.00	99.32
130	1	148	0.68	100.00

Apéndice 6. Valores de frecuencia de volumen y valores de frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Volumen	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
0.8	4	4	2.68	2.68
1.6	50	54	33.56	36.24
2.4	44	98	29.53	65.77
3.2	30	128	20.13	85.91
4.0	15	143	10.07	95.97
4.8	3	146	2.01	97.99
5.6	1	147	0.67	98.66
6.4	1	148	0.67	99.33
7.2	1	149	0.67	100

Apéndice 7. Valores de frecuencia de puntaje de copa y valores de frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Puntaje de Copa	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
2.0	1	1	0.67	0.67
2.4	1	2	0.67	1.34
2.8	5	7	3.36	4.70
3.2	43	50	28.86	33.56
3.6	41	91	27.52	61.07
4.0	42	133	28.19	89.26
4.4	11	144	7.38	96.64
4.8	5	149	3.36	100

Apéndice 8. Valores de frecuencia de puntaje de rectitud y valores de frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Puntaje de Rectitud	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1.2	1	1	0.67	0.67
1.8	0	1	0.0	0.67
2.4	2	3	1.34	2.01
3.0	32	35	21.48	23.49
3.6	39	74	26.17	49.66
4.2	52	126	34.90	84.56
4.8	22	148	14.77	99.33
5.4	0	148	0.0	99.33
6.0	1	149	0.67	100

Apéndice 9. Valores de frecuencia de puntaje de rectitud y valores de frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado de población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Puntaje de Poda	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
-0.3	1	1	0.67	0.67
0.3	28	29	18.79	19.46
0.9	33	62	22.15	41.61
1.5	37	99	24.83	66.44
2.1	33	132	22.15	88.59
2.7	16	148	10.74	99.33
3.3	0	148	0.0	99.33
3.9	1	149	0.07	100

Apéndice 10. Base de datos de los 20 mejores árboles de la población seleccionada de *Pinus durangensis* Martínez en el estado de Chihuahua.

Clave*	Árbol selecto						Testigos				Calificación (Puntaje)					
	Edad	Diámetro	Altura	Vol.**	Copa	Rectitud	Ajuste por Edad	Poda	Diámetro	Altura	Vol.	Edad	Fenotípico	Altura	Vol.**	Total
D802	108	50.0	28.0	2.797	3.5	4.2	43	1	43.8	24.6	1.871	153	51.7	6	4.9	62.6
D810	90	63.5	30.0	5.438	4.5	3.0	28	2.6	52.9	28.8	2.281	120	38.1	0	13.8	51.9
D505	74	38.5	19.5	1.148	4.0	3.3	38	2.0	37.7	19.1	1.083	114	47.3	0	0.6	47.9
D801	87	43.0	31.0	2.309	4.0	3.8	33	0.0	42.1	28	2.031	122	40.8	4	1.4	46.2
D508	82	46.0	26.5	2.366	4.0	3.5	20	0.5	37.1	22.3	1.377	104	28.0	7	7.2	42.2
D809	68	39.4	28.5	2.188	4.8	3.2	18	2.5	36.9	23.3	1.565	88	28.5	8	3.9	40.4
D420	113	41.2	20.0	1.442	4.5	4.5	14	0.0	41.7	21.4	1.669	129	21.2	10	8.6	39.8
D811	72	39.2	21.5	1.592	4.5	4.3	28	2.0	37.6	21.2	1.476	102	38.8	0	0.7	39.5
D422	79	49.5	20.0	2.245	3.0	3.0	30	0.0	42.8	19.6	1.772	112	36.0	0	2.6	38.6
D506	80	46.7	24.5	2.292	3.8	3.9	21	1.8	41.1	22.5	1.670	103	30.5	4	3.7	38.2
D806	58	40.5	21.7	1.69	4.0	3.5	20	2.5	36.4	19.6	1.264	80	30.0	4	3.4	37.4
D812	114	68.8	34.5	7.319	4.2	3.0	19	2.4	58.3	32.2	5.083	135	28.6	3	4.4	36.0
D829	100	60.4	34.0	4.018	3.0	2.5	15	1.5	63.1	30.5	4.458	117	22.0	4	9.0	35.0
D724	72	43.2	28.0	2.410	3.0	3.0	20	0.0	41.6	25.1	2.033	94	26.0	5	1.9	32.9
D711	86	71.2	30.0	6.570	2.5	4.9	19	0.0	63.5	28	5.116	107	26.4	3	2.8	32.2
D416	75	57.4	24.0	3.668	3.0	2.7	19	2.3	47.6	23.6	2.540	96	27.0	0	4.4	31.4
D403	82	39.5	24.0	1.824	4.3	4.5	20	1.6	40.5	22.7	1.785	104	30.4	0	0.2	30.6
D302	40	46.7	22.0	2.10	3.5	3.5	0	0.0	31.6	17.7	0.831	41	7.0	8	15.3	30.3
D213	62	42.5	22.5	1.866	3.8	4.0	11	1.5	41.7	19.2	1.543	75	20.3	7	2.1	29.4
D827	109	66.2	30.0	4.638	4.0	4.0	6	1.0	49.2	25.7	2.523	117	15.0	6	8.3	29.3

*D802= La letra corresponde a la inicial de la especie, el primer número a la unidad forestal y los dos siguientes números corresponden al número del árbol selecto. **Vol.= Volumen.