

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



VARIACIÓN FENOTÍPICA EN ÁRBOLES SELECTOS DE *Pinus arizonica* Engelm. EN CHIHUAHUA

TESIS PROFESIONAL

P R E S E N T A D A P O R:

ROBERTO SANTIAGO PABLO

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

VARIACIÓN FENOTÍPICA EN ÁRBOLES SELECTOS DE *Pinus*  
*arizonica* Engelm. EN CHIHUAHUA

TESIS PROFESIONAL

P R E S E N T A D A P O R:

ROBERTO SANTIAGO PABLO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

ASESOR PRINCIPAL

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN  
DE AGRONOMÍA

---

M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

---

M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

OCTUBRE DE 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

VARIACIÓN FENOTÍPICA EN ÁRBOLES SELECTOS DE *Pinus*  
*arizonica* Engelm. EN CHIHUAHUA

TESIS PROFESIONAL

P R E S E N T A D A P O R:

ROBERTO SANTIAGO PABLO

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. MIGUEL A. CAPÓ ARTEAGA

BUENAVISTA SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

OCTUBRE DE 2004

El presente estudio forma parte del 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* Mart. y *Pseudotsuga flahaulti* Flous de la Sierra de Arteaga, Coahuila y áreas de Nuevo León".

## DEDICATORIA

*A mis padres: Juana Aris Pablo Vásquez  
y Jesús Santiago Bautista (†)*

*Con todo mi amor y respeto, por darme el don de la vida y por creer siempre en mí, por su amor, amistad y comprensión.*

*A mi hijita: Miriam Meritzel Santiago Cruz.*

*Con todo mi amor y cariño por ser el regalo más lindo que la vida me ha dado, mi fuente de inspiración y la razón de mi vida.*

*A mi esposa: Praxedis Cruz Pantoja*

*Por ser la persona con quien comparto mi vida, por ser tan comprensiva y por todo el apoyo que me brinda, por ser quien alegra mis días ¡te amo!.*

*A mis hermanos: Alfonso, Rosalba, Jocabet y Gabriela.*

*Por su cariño, amor y comprensión, por sus consejos, por el amor fraternal y la unión que nos hace una bonita familia. A todos ellos dedico este pequeño trabajo.*

## *AGRADECIMIENTOS*

### *A DIOS NUESTRO SEÑOR*

*Por darme la oportunidad de vivir y hacer realidad mis sueños y mis metas.*

### *A MI "ALMA MATER"*

*La UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" Por darme la oportunidad de realizar mis estudios y formarme profesionalmente, en sus aulas.*

### *AL DEPARTAMENTO FORESTAL*

*Especialmente a los maestros de este departamento por transmitirme sus conocimientos y apoyar mi formación como profesionalista para poder servir a la sociedad. Y por todos los apoyos recibidos para la realización de este trabajo.*

### *AL M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ*

*Por darme la oportunidad de trabajar con él y confiar en mí su trabajo de muchos años que fue la base de esta tesis, por la asesoría y el apoyo que desinteresadamente me brindó para la realización de este trabajo ya que sin esto no hubiera sido posible.*

*AL M.C. SALVADOR VALENCIA MANZO*

*Por sus valiosas aportaciones y revisión de este trabajo, además por sus sabios consejos y apoyos brindados durante mi formación como profesionalista.*

*AL DR. MIGUEL A. CAPÓ ARTEAGA*

*Por su buena disposición en la participación y revisión del presente trabajo. Por contribuir a mi formación profesional y por todo el apoyo recibido durante la realización de la misma.*

*A MI FAMILIA*

*Por todo el apoyo tanto moral como económico que me brindaron durante la realización de este trabajo.*

*A LA FAMILIA CRUZ PANTOJA*

*Por el apoyo y comprensión brindado durante la realización de este trabajo y por la confianza depositada en mí.*

*A MIS AMIGOS*

*De la generación XCVII, de la carrera de ingeniero forestal, especialmente a Olga Lilia, Ortiz y Marco A. Cepeda V., Abel López M., Modesto Curiel A., José T. Monarrez V., Rafael Cauhic R., Gilberto Landa C., Gabriela García R., , y José Gil Cabrera.*

*A todas la personas que directa e indirectamente contribuyeron en la realización de este trabajo.*

*GRACIAS ...*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Página

ÍNDICE DE CUADROS . . . . .	iii
ÍNDICE DE FIGURAS . . . . .	iv
RESUMEN . . . . .	vi
1 INTRODUCCIÓN . . . . .	1
1.1 Objetivo . . . . .	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA . . . . .	4
2.1 <i>Pinus arizonica</i> Engelm y su importancia en Chihuahua . . . . .	4
2.2 Los árboles selectos en un programa de mejoramiento genético . . . . .	6
2.3 Selección de árboles superiores . . . . .	7
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 en el Programa de Mejoramiento Genético de los bosques del estado de Chihuahua . . .	11
3.2.1 Consideraciones en la selección de rodales . . . .	13
3.2.2 Consideraciones en la selección de árboles . . . .	14
3.2.3 Selección de árboles superiores en rodales coetáneos . . . . .	14



3.2.4 Selección de árboles superiores en rodales incoetáneos . . . . .	16
3.3 Captura y procesamiento de datos . . . . .	16
3.4 Calificación fenotípica de árboles selectos . . . . .	17
3.5 Descripción fenotípica de árboles selectos . . . . .	19
3.6 Selección de los 20 mejores árboles de <i>Pinus arizonica</i> . . . . .	19
3.7 Determinación del diferencial de selección e intensidad de selección en árboles selectos de <i>Pinus</i> <i>arizonica</i> . . . . .	20
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN . . . . .</b>	<b>22</b>
4.1 Calificación de árboles selectos . . . . .	22
4.2 Variación fenotípica de árboles selectos . . . . .	23
4.2.1 Variables de crecimiento . . . . .	23
4.2.2 Variables de forma . . . . .	26
4.3 Correlación entre las variables de los árboles selectos . . . . .	29
4.4 Diferencial de selección e intensidad de selección de <i>Pinus arizonica</i> Engelm . . . . .	33
<b>5 CONCLUSIONES . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>6 RECOMENDACIONES . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>7 LITERATURA CITADA . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>8 APÉNDICE . . . . .</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Fisiografía, hidrología, clima, suelo y vegetación correspondientes al área de estudio en el estado de Chihuahua . . . . .	12
Cuadro 2. Correlación de pearson de la variable fenotípicas de árboles selectos de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. Del estado de Chihuahua . . . . .	30
Cuadro 3. Valores promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y valores mínimos y máximos de las características evaluadas tanto para la población base como para los 20 mejores árboles de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en Chihuahua . . . . .	34
Cuadro 4. Valores promedio, valores del diferencial de selección, desviación estándar, y valores de intensidad de selección de características evaluadas tanto para la población base como para los 20 mejores árboles de <i>Pinus arizonica</i> Engelm . . . . .	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Frecuencias por puntaje total de los 200 árboles selectos de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el estado de Chihuahua . . . . .	22
Figura 2. Frecuencias por edad de 200 árboles selectos de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el estado de Chihuahua. .	24
Figura 3. Frecuencias por categoría diámetrica de 200 árboles selectos de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el estado de Chihuahua . . . . .	24
Figura 4. Frecuencias por altura dominante de 200 árboles selectos de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el estado de Chihuahua . . . . .	25
Figura 5. Frecuencias por volumen de 200 árboles selectos de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el estado de Chihuahua . . . . .	26

Figura 6. Frecuencias por poda natural de 200 árboles selectos de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el estado de Chihuahua . . . . .	27
Figura 7. Frecuencias por copa de 200 árboles selectos de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el estado de Chihuahua . . . . .	28
Figura 8. Frecuencias por rectitud del fuste de 200 árboles selectos de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. en el estado de Chihuahua . . . . .	28

## RESUMEN

En el presente trabajo se estimó la variación fenotípica, el diferencial y la intensidad de selección en árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Chihuahua.

La población original fue de 1341 individuos formada por 200 árboles selectos, sus testigos y otros 300 valores de árboles de otro proyecto. Se estimó la variación fenotípica de la población seleccionada, se obtuvieron las correlaciones para las variables altura, diámetro, volumen y rectitud. También se determinó el diferencial (S) y la intensidad de selección (i).

La variación fenotípica de la población seleccionada para las variables edad, diámetro y altura se aproximó a una distribución normal. Las variables de crecimiento (altura, diámetro y volumen) presentaron una fuerte correlación fenotípica positiva entre ellas (de 0.40 hasta 0.93). La variable copa presentó correlación negativa con el diámetro (-0.14), mientras que la poda presentó correlaciones positivas con las variables de crecimiento (de 0.18 hasta 0.32), y la rectitud no presentó asociación con estas variables. El puntaje total presentó correlaciones positivas con la altura, el volumen y la copa (0.26, 0.17 y 0.22, respectivamente). El diferencial de selección muestra que la diferencia entre la media de la población original y de la media de los 20 mejores árboles de la población seleccionada fue alrededor de una desviación estándar.

## 1 INTRODUCCIÓN

El estado de Chihuahua tiene una superficie de 246,000 km<sup>2</sup>, ocupa el primer lugar en superficie dentro de la República Mexicana (S. R. H., 1970). Su territorio se encuentra dividido en dos grandes regiones naturales: la Mesa Central del Norte, y la Sierra Madre Occidental; la última de éstas corre por los límites de Chihuahua, Sonora y Sinaloa (Anónimo, 1993). Del total de superficie del estado de Chihuahua aproximadamente un 29.42% está cubierto de bosques, los cuales se concentran en su mayoría en la porción correspondiente a la provincia de la Sierra Madre Occidental (SEMARNAT, 2000).

A lo largo de toda la Sierra Madre Occidental, *Pinus arizonica* Engelm. es considerada como una de las especies de mayor importancia tanto por su valor ecológico como por su valor económico; esta especie es de las más aprovechadas por los productores madereros de la región Tarahumara, junto con *P. durangensis* Mtz. y *P. engelmannii* Carr. (Rzedowski, 1978).

Sin embargo, en los últimos cien años los bosques de Chihuahua han sufrido un gran deterioro en cuanto a su contenido

genético, esto se debe al manejo selectivo que se ha aplicado y a las cortas disgénicas que se han hecho en los mismos, por parte de compañías extranjeras que en base a concesiones, explotaron más de un millón de hectáreas (Flores, 2000).

En 1987 inicia el Programa de Mejoramiento Genético Forestal en Chihuahua, el cual surgió debido a la explotación intensiva y a las cortas disgénicas que históricamente se realizaron en los bosques de esta entidad. El programa tiene el propósito de rescatar la calidad genética perdida de especies prioritarias como: *Pinus arizonica*, *P. durangensis* y *P. engelmannii* (Clausen et al., 1994). Este programa contempla como estrategia a corto plazo el establecimiento de áreas semilleras y, a largo plazo, el establecimiento de huertos semilleros, estos últimos con base en la selección de árboles con características fenotípicas superiores a la media de los demás árboles y elegidos en diferentes calidades de sitio.

El éxito del mejoramiento genético a largo plazo va a depender del esfuerzo aplicado en la selección de árboles y de las técnicas utilizadas; son varias las técnicas para seleccionar árboles superiores pero éstas dependen principalmente de la especie y del tipo de rodales en los cuales se va hacer la selección.

En México las experiencias en la selección de árboles son muy pocas por lo tanto por medio de este trabajo se pretende dar a conocer las experiencias en la selección y caracterización de árboles superiores de *Pinus arizonica* obtenidas en el estado de Chihuahua.

### **1.1 Objetivo**

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



## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 *Pinus arizonica* Engelm. y su importancia en Chihuahua

*Pinus arizonica* alcanza alturas de 30 a 35 m; su diámetro puede llegar a alcanzar hasta un metro. Los árboles maduros presentan una corteza gruesa con grandes placas irregulares de color café rojizo, en árboles jóvenes ésta es áspera y escamosa. Las hojas son tres, ocasionalmente 4 ó 5, gruesas rígidas y erectas, de 12 a 22 cm de largo, son de color verde oscuro. Los conos son ovoides extendidos y algo encorvados, fuertes y pesados, persistentes, de 6 a 9 cm de longitud y 1.30 cm de ancho, de color moreno oscuro, dispuestos en pares o en grupos de 3 a 4 con pedúnculos de 10 mm de longitud. Semillas color café oscuro de 6 mm de longitud, con alas de 20 a 25 mm de longitud y de 8 a 9 mm de ancho, el número aproximado de semillas por kg es de 28,000; presenta por lo común 8 cotiledones. Se distribuye por los estados de Sonora, Chihuahua y Durango (Martínez, 1948; Perry, 1991).

Localmente *Pinus arizonica* es utilizado para la construcción de casas y cabañas, cercados o como combustible, en la industria

del aserrío es utilizado para la producción de durmientes, postes de teléfono y pilotes para minas (Eguiluz, 1978). Además se usa en la elaboración de triplay, chapas, para cajas de empaque, duelas y trabajos de ebanistería, entre otros (Rzedowski, 1978).

Los aprovechamientos forestales que se han hecho en los últimos cien años en los bosques de Chihuahua han ocasionado un gran deterioro en cuanto a su contenido genético, esto se debe al manejo selectivo que se ha aplicado y a las cortas disgénicas que se han hecho en los mismos, por parte de compañías extranjeras que en base a concesiones explotaron más de un millón de hectáreas; en consecuencia la producción maderable de Chihuahua a decrecido considerablemente debido a la explotación intensiva y a las cortas disgénicas que históricamente se realizaron en los bosques de esta entidad. En 1987 surgió el programa de mejoramiento genético forestal el cual tiene el propósito de rescatar la calidad genética perdida de especies prioritarias como: *Pinus arizonica*, *P. durangensis* y *P. engelmannii*, este programa implementa una estrategia a corto plazo para el desarrollo de áreas semilleras y, a largo plazo, otra para el establecimiento de huertos semilleros (Clausen et al., 1994).

## **2.2 Los árboles selectos en un programa de mejoramiento genético**

El mejoramiento genético consiste en mejorar las características fenotípicas y genotípicas de los árboles, rodales y bosques con el propósito de tener individuos mejorados genéticamente (Hernández, 1992). En este proceso la selección de árboles superiores es el primer paso en un programa de mejoramiento genético forestal, una buena selección de árboles no es fácil ya que hay que tomar en cuenta factores como: el suelo, el clima y los bosques, ya que cada uno de éstos tienen influencia sobre el desarrollo del árbol y consecuentemente su apariencia al llegar a su edad madura; de ahí que un árbol genéticamente malo puede tener un buen fenotipo debido a que ha crecido en condiciones óptimas; de la misma forma un árbol de muy buen su genotipo puede representar un mal fenotipo por haberse desarrollado en condiciones extremadamente adversas (Bridgwater y Ledig, 1986).

Para la selección de los árboles superiores se debe tomar como criterio las siguientes características: fuste recto, ramas cortas y finas, un máximo ángulo de inserción de las ramas, crecimiento rápido, y densidad de la madera así como el tamaño de las fibras. La selección se debe realizar en todas las

poblaciones existentes, representadas proporcionalmente en su actual distribución (Noda y Pérez, 1986).

La selección de árboles superiores es necesaria ya que a largo plazo, estos árboles van a dar origen a los huertos semilleros, que consisten en una plantación de individuos seleccionados genéticamente los cuales fueron reproducidos sexual o asexualmente con el fin de producir semilla (Hernández, 1992). Después de la selección de árboles superiores se deben de realizar pruebas de progenie, y con base en los resultados de estas pruebas se podrán seleccionar a los que tengan los mejores genotipos; estos árboles superiores seleccionados son llamados "árboles elite" y se usan en el establecimiento de los huertos semilleros (Noda y Pérez, 1986).

### **2.3 Selección de árboles superiores**

El proceso de selección permite escoger árboles con características fenotípicas superiores las cuales serán heredadas a la siguiente generación. Sin embargo, la constitución genética de un individuo sólo puede ser evaluada por pruebas de progenie, ya que cada uno de sus descendientes lleva una muestra de sus genes (Bridgwater y Ledig, 1986).

En la práctica, los árboles son seleccionados con base en características fenotípicas como: diámetro, altura, forma de copa y libres de plagas y enfermedades. Existen dos métodos comunes para seleccionar árboles, el de selección por comparación de árboles (testigos) y el de selección individual de árboles.

El método de selección de árboles por comparación (testigos) consiste en seleccionar un árbol que por sus características fenotípicas sobresale de los demás árboles del sitio, el cual es comparado con sus vecinos (testigos) y si realmente es superior a ellos se denomina como árbol selecto (Ledig, 1973; Zobel y Talbert, 1988).

El método de selección individual de árboles, consiste en seleccionar árboles los cuales son superiores por sus características fenotípicas; estos árboles no son comparados con otros árboles y son selectos si exceden por una cantidad arbitraria al promedio, resultado de la regresión base, como resultado de la relación que existe entre la altura o el diámetro con la edad (Ledig, 1973; Zobel y Talbert, 1988).

Cuando se practica la selección de árboles en bosques naturales el método de selección individual de árboles puede dar mejor resultado, siempre que los árboles candidatos sean

dominantes, de fuste limpio y con las demás características necesarias para el producto de interés; pero también deben ser árboles no muy viejos, es decir, todavía jóvenes cuando formen las características que se estén considerando (Zobel y Talbert, 1988). Para el incremento en volumen, los árboles comparados deben ser seleccionados por el volumen máximo de producción por unidad de área, no exactamente por árbol. Por ejemplo se deben comparar la relación entre el volumen  $\text{ha}^{-1}$ , en comparación con la edad y área de copa (Ledig, 1973). En el caso de árboles selectos de *Pinus herrerae*, en los bosques del estado de Chihuahua, fueron seleccionados tomando como criterio características fenotípicas como: crecimiento en altura y diámetro, resistencia a agentes dañinos, producción de semilla, y rectitud del fuste y poda; donde se utilizó el método de méritos propios el cual es mucho más rápido y fácil de aplicar que el método de testigos, es más económico y es apropiado tanto en rodales coetáneos como incoetáneos (Flores y Vargas, 2001).

#### **2.4 Diferencial de selección e intensidad de selección**

La selección de árboles se hace por dos principales razones; la primera es que los árboles seleccionados tengan la menor afinidad familiar posible para evitar problemas de endogamia entre los mismos, y la segunda razón es tener un número

suficiente de árboles selectos los cuales serán la base genética para lograr los objetivos a largo plazo para los cuales se hace la selección (Quijada, 1980).

Al hacer una selección de árboles, siempre se deben de tomar en cuenta las características de interés como por ejemplo; diámetro, altura o volumen. Al calcular la media de los 20 mejores árboles de la población seleccionada ésta será diferente a la media de la población original, a esta diferencia se le conoce como diferencial de selección ( $S$ ), con este valor y con la desviación estándar de la población original se calcula la intensidad de selección ( $i$ ), la cual muestra en cuantas desviaciones estándar excede a la media de la población original la media de los 20 mejores árboles de la población seleccionada; es decir, de acuerdo a la desviación estándar se conoce que tan mejores fenotípicamente son los árboles seleccionados en relación a la población original de donde fueron seleccionados (Zobel y Talbert, 1988). Existen diferentes métodos para calcular la intensidad de selección pero el más sencillo es dividir el diferencial de selección entre la desviación estándar (Quijada, 1980).

### **3 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Descripción del área de estudio**

El área de estudio se ubica en la parte Suroeste del estado de Chihuahua y comprende los municipios de: Madera, Temosachic, Ocampo, Guazapares, Uruachi, Bocoyna, Guachochi, Guadalupe y Calvo, los cuales geográficamente se localizan entre los paralelos  $25^{\circ} 56' 00''$  y  $29^{\circ} 96' 00''$  de latitud norte y los meridianos  $106^{\circ} 03' 00''$  y  $109^{\circ} 07' 00''$  de longitud oeste. Comprende una gran variedad de expresiones geográficas representadas por los siguientes subsistemas: laderas, valles y sierras con altitudes menores a los 2,000 m, mesetas y sistemas montañosos con elevaciones mayores a los 2,500 m (Consejo de Recursos Minerales, 1994). Las principales características de fisiografía, hidrología, clima, suelo y vegetación se muestran en el Cuadro 1.

#### **3.2 Selección de árboles en el Programa de Mejoramiento Genético de los Bosques del estado de Chihuahua**

En 1987 se inició el Programa de mejoramiento genético de los bosques de Chihuahua. La estrategia a largo plazo de este



Cuadro 1. Fisiografía, hidrología, clima, suelo y vegetación correspondientes al área de estudio en el estado de Chihuahua.

Fisiografía <sup>1</sup>	Hidrología <sup>2</sup>	Clima <sup>3</sup>	Suelo <sup>4</sup>	Vegetación <sup>5</sup>
El área se encuentra dentro de la provincia de la Sierra Madre Occidental, la cual forma depresiones como: planicies, sierras, mesas, mesetas y cañones.	En el área se localizan cuatro regiones hidrológicas: Sinaloa (RH10), Sonora (RH9), Río Bravo-Conchos (RH24) y cuencas cerradas del norte (RH34), las más importantes son: RH10, RH24 y RH9, las cuales a su vez comprenden subcuencas del Río Fuerte (RH10-G) y Río Yaqui (RH9-B).	En el área se presentan básicamente tres tipos de climas: Templados húmedos (C). Cálidos húmedos (A). Secos (B).	El área de estudio esta formada por 18 unidades de suelo (clasificación de suelos FAO-UNESCO), los más representativos son: feozen háplico, litosol y regosol éutrico.	las comunidades vegetales de clima templado ocupan una mayor superficie; principalmente se encuentran <i>Pinus arizonica</i> Engelm, <i>P. durangensis</i> Martínez, <i>P. ayacahuite</i> var. <i>brachyptera</i> Shaw. también se pueden encontrar <i>Quercus</i> en las partes bajas.

Fuente: <sup>1</sup>(Consejo de Recursos Minerales, 1994). <sup>2</sup>(SPP, 1981a). <sup>3</sup>(UNAM, 1970). <sup>4</sup>(SPP, 1981b). <sup>5</sup>(Rzedowski, 1978; CONABIO, 1998).

programa es el establecimiento de huertos semilleros, donde la base fundamental es la selección de árboles con características fenotípicas superiores. *Pinus arizonica* es una de las tres especies de mayor distribución en el estado de Chihuahua. Para la selección se hizo un recorrido por los caminos de mayor acceso correspondientes a propiedades de los siguientes municipios: Madera, Temosachic, Ocampo, Guazapares, Uruachi, Bocoyna, Guachochi, Guadalupe y Calvo, todos ellos correspondientes al estado de Chihuahua. Se seleccionaron 200 árboles superiores con base en la edad, diámetro, altura, copa, poda y rectitud del fuste (Clausen *et al.*, 1994).

### **3.2.1 Consideraciones en la selección de rodales**

Los rodales donde se buscaron los árboles selectos fueron de áreas similares a donde se piensa establecer las plantaciones. Lo anterior implicó seleccionar en sitios buenos y sitios pobres, considerándose diferencias en altitud, clima y suelo.

La selección de árboles se realizó tanto en rodales coetáneos como incoetáneos con edades deseables y de preferencia puros, donde el tamaño del rodal fue variable, considerando como tamaño mínimo una hectárea.

La selección se realizó en rodales maduros, ya que presentan un fenotipo definido. En *P. arizonica*, algunos rodales fueron relativamente "viejos" (más de 90 años); sin embargo, se debe considerar que esta especie en México es considerada de lento crecimiento y se utiliza en los programas de manejo forestal un turno técnico de 100 años (Flores, 2001).

### **3.2.2 Consideraciones en la selección de árboles**

La selección de árboles en rodales naturales coetáneos se realizó por el procedimiento de comparación de árboles y en rodales naturales incoetáneos fue el de selección individual de árboles el cual se basa únicamente en el fenotipo del árbol. La selección de árboles se realizó de manera uniforme a través de toda la región de interés y considerando la posibilidad de accesibilidad. En cada rodal, la búsqueda de árboles superiores fue de manera sistemática para no pasar por alto buenos ejemplares. La distancia mínima dejada entre árboles selectos fue de 100 m.

### **3.2.3 Selección de árboles superiores en rodales coetáneos**

El procedimiento utilizado en la selección de árboles superiores se realizó con base en la comparación de árboles

testigos (Rudolf, 1956; Zobel y Talbert, 1988). A continuación se señalan los pasos realizados.

a) Se detectaron árboles sobresalientes en: altura, diámetro y rectitud.

b) Como el incremento en volumen fue prioritario, se dirigió la selección a aquellos árboles de mayor diámetro con respecto a los adyacentes, de esta manera se obtendría más puntaje en volumen a una edad dada. Para asegurar que realmente cada árbol seleccionado fuese aceptable, fue necesario compararlo con los testigos, utilizando tablas de volúmenes locales.

c) No se aceptaba el árbol atacado por enfermedades o insectos. Sin embargo, pocos árboles de muy buenas características fenotípicas estaban atacados por insectos o enfermedades y en su momento, sólo presentaron vestigios del daño, por lo tanto se consideró que fueron resistentes al ataque y se seleccionaron.

d) 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 árboles fueron suficientes.

#### **3.2.4 Selección de árboles superiores en rodales incoetáneos**

En rodales no uniformes en edad o incoetáneos se utilizó la selección individual de árboles, donde el árbol candidato no se comparó con árboles de su misma especie y éste fue selecto si excedió por una cantidad arbitraria al promedio, resultado de la regresión base, entre la altura con la edad (Ledig, 1973).

Posteriormente se realizó lo siguiente: primero se detectaron árboles dominantes con diámetro mayor y simultáneamente se revisó la rectitud del fuste. Después utilizando las curvas promedio de regresión de índice de sitio de los estudios de manejo forestal para la propiedad muestreada, como referencia en la selección individual de los árboles; se colocó la altura y la edad del árbol candidato en la gráfica de índice de sitio, si el árbol quedó arriba de la línea de regresión se aceptó como superior, pero si quedó debajo de la línea de regresión se rechazó. Una vez seleccionado el árbol candidato se registró la altura total, diámetro y edad.

#### **3.3 Captura y procesamiento de datos**

Una vez que se tuvo la información de los 200 árboles selectos de *Pinus arizonica*, se realizó una base de datos en el

programa Excel, la cual posteriormente se pasó a los programas Sigma Plot (versión 7.0) y SAS (Statistical Analysis System) (versión 6.12) para su procesamiento.

### **3.4 Calificación fenotípica de árboles selectos**

La selección de los árboles se realizó con el empleo del formato para seleccionar árboles superiores del Centro de Genética Forestal A.C. (Apéndice 1). Dicha selección se basó en la calificación en puntaje de las características fenotípicas las cuales se calificaron de la siguiente manera:

Altura. Para calificar esta variable se consideraron tres rangos de edad,  $\leq 30$  años, entre 31 y 50 años y de 51 años en adelante. Cuando la altura del candidato superó en un cinco por ciento a la altura promedio de los testigos se otorgaron cero puntos en cualquier rango de edad, y por cada tres puntos de porcentaje después del cinco por ciento se incremento el puntaje en un punto en cada rango de edad. Por ejemplo; un árbol de 30 años de edad superó en ocho por ciento a la altura promedio de los testigos, obtuvo un punto, pero si ese árbol tuviera 31 años de edad se le otorgarían dos puntos, y si tuviera más de 51 años de edad obtendría tres puntos en altura.

Volumen. Para obtener la calificación de esta variable, se dividió el volumen del candidato entre el volumen promedio de los

testigos. Y se otorgó un punto al candidato por cada 10% que exceda a los testigos.

Copa. Esta se evaluó comparándola con la 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 copas.

Rectitud del fuste. Se evaluó individualmente para cada candidato, sin considerar los testigos. Se calificó del cero para fustes torcidos, curvados o pandos hasta el cinco para fustes perfectamente rectos.

Poda natural. Se evaluó comparando al 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.

Ajuste por edad. Si el candidato es más joven que el promedio de los testigos, recibe un 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 más tres. Con esta información se elaboró una base de datos, en la cual se calificaron los árboles selectos según el puntaje obtenido (Apéndice 2).

### **3.5 Descripción fenotípica de árboles selectos**

Con el empleo del paquete estadístico SAS se obtuvieron las frecuencias por edad, categoría diamétrica, altura dominante, volumen, rectitud del fuste, poda natural, copa y puntaje total de la población seleccionada de *Pinus arizonica*. Posteriormente se graficaron en el programa Sigma Plot (versión 7.0). También con el empleo del programa SAS se obtuvieron las correlaciones de Pearson ( $r$ ) para las variables, edad, diámetro, altura, volumen, copa, rectitud, poda y puntaje total de los árboles selectos.

### **3.6 Selección de los 20 mejores árboles de *Pinus arizonica***

Para obtener los valores del diferencial de selección y de la intensidad de selección se compararon tanto la media de la población base con la media de los 20 mejores árboles selectos en las siguientes variables: altura, diámetro, volumen y rectitud; se determinó que fueran los 20 mejores árboles porque varios autores como Zobel y Talbert (1988) mencionan que es un número adecuado para el establecimiento de huertos semilleros.

La determinación de los 20 mejores árboles se hizo mediante el formato de selección de árboles superiores en el cual se comparan los árboles selectos con sus testigos con base en las



siguientes características: edad, altura, diámetro, volumen, copa, rectitud del fuste y poda natural, después de compararlos se les asignó una puntuación la cual indica la calidad del árbol selecto. Posteriormente se eligieron los 20 árboles que tuvieron más alta calificación.

### **3.7 Determinación del diferencial de selección e intensidad de selección en árboles selectos de *Pinus arizonica***

La población original del presente estudio está constituida de la siguiente manera: 200 árboles selectos, además de sus testigos con los cuales fueron comparados al momento de la selección; también se utilizaron datos de 300 árboles de *Pinus arizonica* seleccionados en el proyecto de investigación 0358-N9107 "Ensayo de procedencias de *Pinus cooperi*, *P. engelmannii*, *P. durangensis* y *P. arizonica* en Durango y Chihuahua para establecer poblaciones para cruzamiento a largo plazo, para plantaciones comerciales" proyecto financiado por CONACYT. Por lo que la población original se compone de 1341 individuos, de los cuales todos presentaron los valores de las variables altura y diámetro; pero sólo 1041 árboles presentaban los valores de la variable volumen y sólo a 500 individuos se les calificó la variable rectitud del fuste.

En el programa SAS se calcularon los valores de la media, la desviación estándar, el error estándar, el coeficiente de variación y los valores máximos y mínimos, de las características altura, diámetro, volumen y rectitud, tanto para la población original como para los 20 mejores árboles de la población seleccionada.

Con estos datos se procedió a obtener el valor del diferencial de selección (S), el cual se obtuvo restando la media de la población original a la media de los 20 mejores árboles de la población seleccionada, por último se calculó la intensidad de selección (i) dividiendo el diferencial de selección entre la desviación estándar de cada característica evaluada en la población original (Quijada, 1980).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Calificación de árboles selectos

La distribución de frecuencias por puntaje total de la población seleccionada (n= 200) de *Pinus arizonica*, mostró una distribución sesgada a la derecha, donde el mayor número de árboles tuvieron calificaciones menores a 22 puntos (Figura 1), por el contrario los 20 mejores árboles de la población seleccionada tuvieron calificaciones mayores de 28 puntos (Apéndice 3).

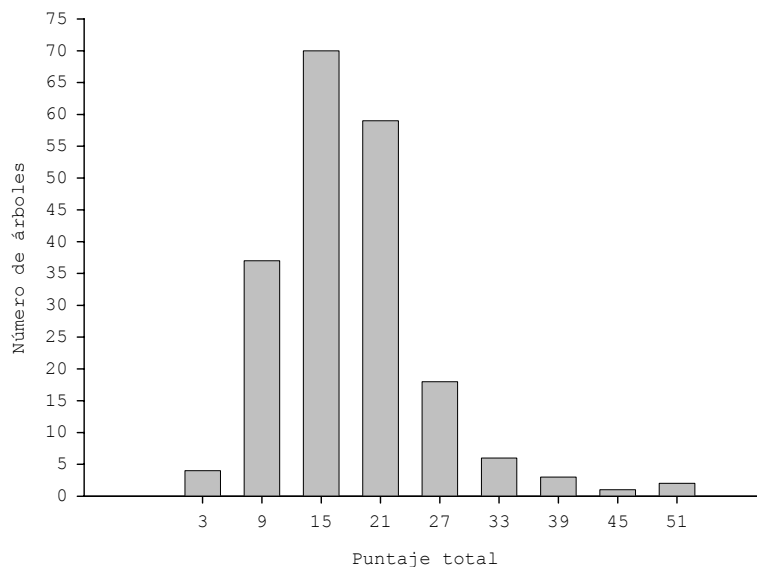


Figura 1. Frecuencias por puntaje total de los 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. en el estado de Chihuahua.

Las calificaciones finales de los árboles están en función a los puntos obtenidos en las siguientes características altura, volumen, copa, rectitud, poda y ajuste por edad.

## **4.2 Variación fenotípica de árboles selectos**

### **4.2.1 Variables de crecimiento**

La distribución de frecuencias para las variables edad, diámetro y altura (Figuras 2, 3 y 4) presentaron una distribución normal donde el mayor número de árboles se encontraron cercanos a la media. Los valores obtenidos en la distribución de frecuencias para estas variables, servirán como referencia para saber como se encontraban los árboles seleccionados en los bosques de Chihuahua en los años de 1987 a 1992 que fue cuando se realizó la selección de árboles.

La distribución de algunas variables del rodal como: altura, densidad (número de árboles por unidad de área), regeneración y distribución de frecuencias del arbolado en relación al diámetro, altura y edad, indican la estructura de un bosque. Aunque La distribución de frecuencias de árboles por categoría diamétrica es el parámetro más indicativo de una estructura regular o irregular de un bosque (Cano, 1988).

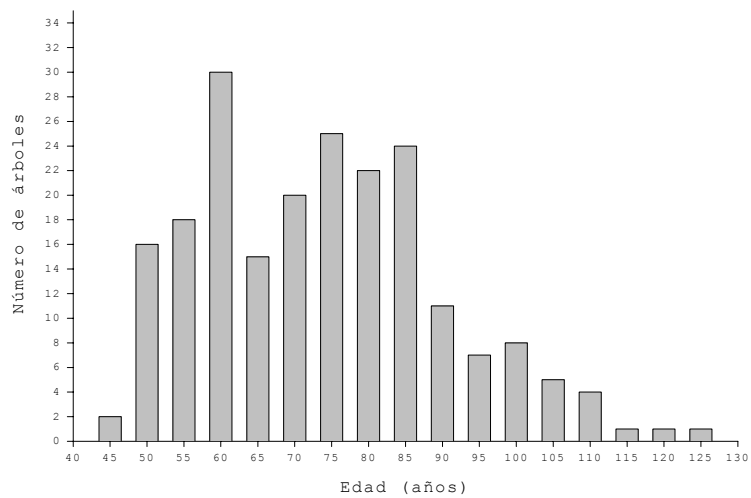


Figura 2. Frecuencias por edad de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. en el estado de Chihuahua.

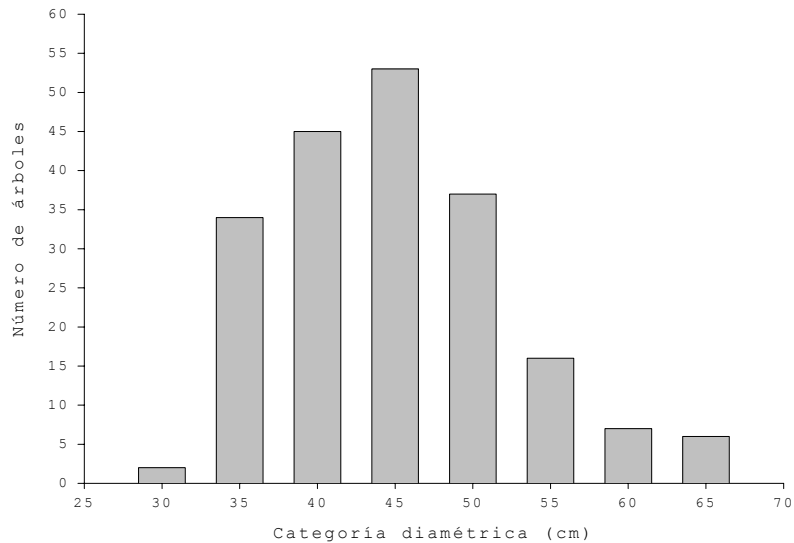


Figura 3. Frecuencias por categoría diamétrica de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. en el estado de Chihuahua.

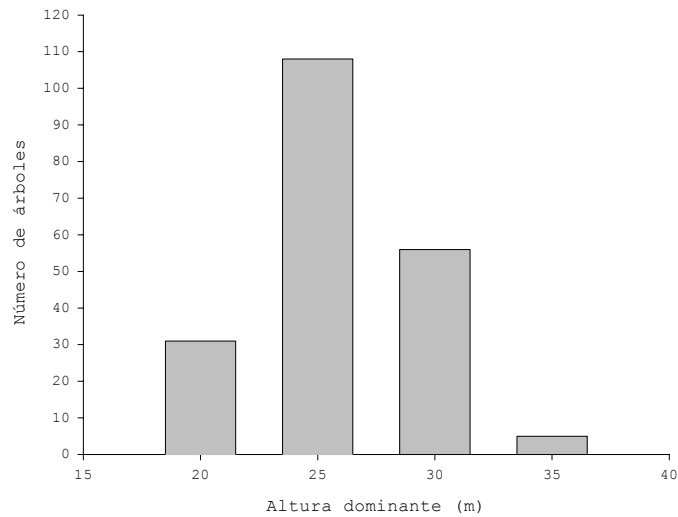


Figura 4. Frecuencias por altura dominante de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. en el estado de Chihuahua.

Rivero y Zepeda (1990) señalan que la distribución de frecuencias de número de árboles por categoría diamétrica corresponde a una curva en forma de "campana", con la frecuencia de árboles más alta contenida en dos o más clases diamétricas.

En rodales coetáneos la altura dominante a una edad dada, se puede usar como un buen indicador de la calidad de sitio y del potencial productivo de ese bosque en ese sitio en particular (Alder 1980).

La distribución de frecuencias por volumen presentó una distribución sesgada a la derecha (Figura 5), donde el mayor número de árboles obtuvieron volúmenes menores de 3 m<sup>3</sup>, este resultado es lógico, si se tiene en cuenta que en las distribuciones de las variables altura y diámetro la mayoría de los árboles tuvieron valores menores a la media. Y como el volumen esta en función de la altura y el diámetro, la mayoría de los árboles seleccionados se presentaron con valores bajos en volumen.

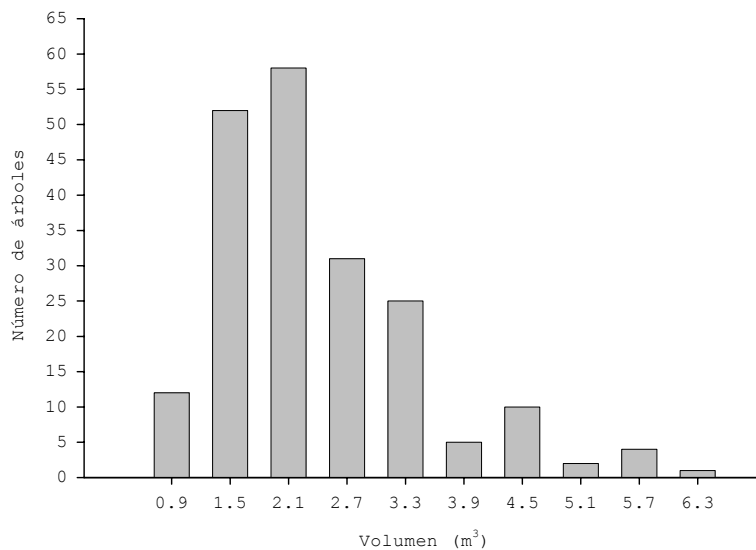


Figura 5. Frecuencias por volumen de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. en el estado de Chihuahua.

#### 4.2.2 Variables de forma

Las variables poda natural y copa presentaron una distribución normal (Figura 6 y 7), encontrándose el mayor número

de árboles seleccionados con valores cercanos a la media, lo que indica que dichos árboles tuvieron buena poda así como también una copa bien conformada. Es importante señalar que las características como poda natural y forma de la copa están bajo un mayor control genético, el cual influye en los hábitos de crecimiento de la especie, pero también de otros factores como: la edad, la composición del bosque, la densidad y la calidad del sitio en donde esta creciendo (Daniel *et al.*, 1982).

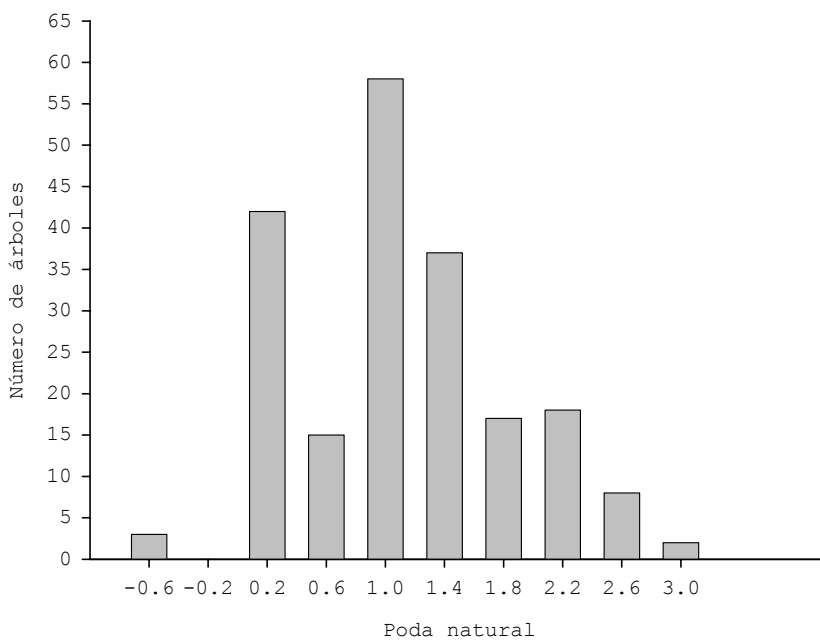


Figura 6. Frecuencias por poda natural de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. en el estado de Chihuahua.



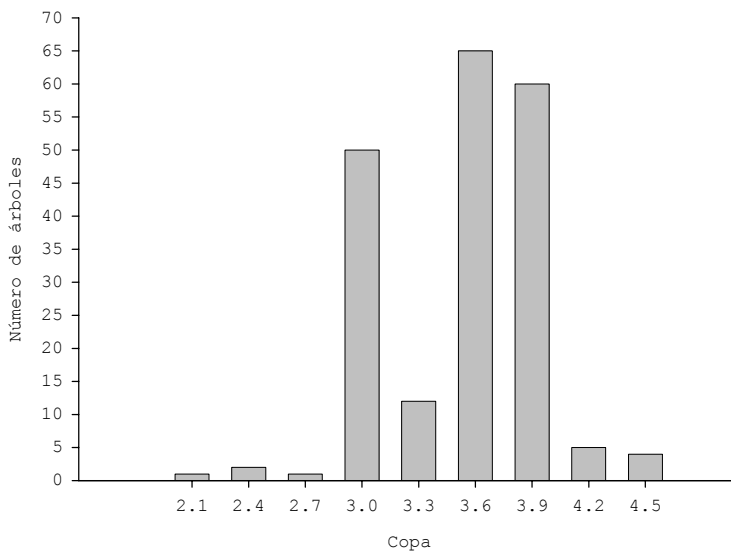


Figura 7. Frecuencias por copa de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. en el estado de Chihuahua.

En la distribución de frecuencias por rectitud del fuste de los árboles selectos, se observó una distribución sesgada hacia la izquierda (Figura 8), lo que significa que el mayor número de árboles presentaron una buena rectitud.

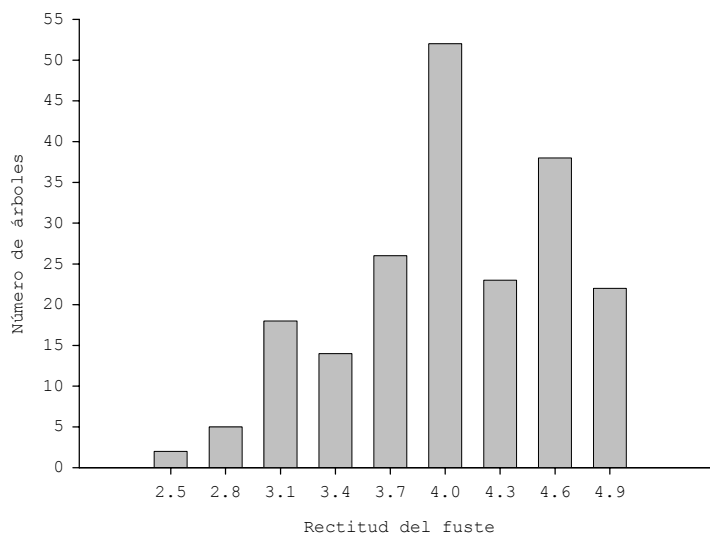


Figura 8. Frecuencias por rectitud del fuste de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. en el estado de Chihuahua.

Desde el punto de vista económico, esto es bueno ya que los fustes rectos y cilíndricos son lo que tienen un mayor valor (Hocker, 1984). Además se debe tomar en cuenta que esta característica es considerada como de heredabilidad intermedia (Zobel y Talbert, 1988).

#### **4.3 Correlaciones entre las variables de los árboles selectos**

Los valores de las correlaciones fenotípicas entre las variables de crecimiento (altura, diámetro y volumen) fueron positivos y cercanos a la unidad (Cuadro 2). En cambio la copa con el diámetro presentaron una correlación negativa débil ( $r = -0.14$ ), de forma similar, la rectitud con la edad tuvieron una correlación negativa débil ( $r = -0.16$ ). Por el contrario las correlaciones entre la poda y las variables de crecimiento, presentaron valores máximos de 0.32 (correlación poda con edad) y mínimos de 0.18 (correlación poda con diámetro). El puntaje total presentó correlaciones positivas fuertes con la altura, el volumen y la copa ( $r = 0.26$ ,  $r = 0.17$  y  $r = 0.22$ , respectivamente), lo que indica que de todas las características evaluadas la altura es la que más se asocia con la calificación final del árbol.

Cuadro 2. Correlación de Pearson (r) entre las variables fenotípicas de árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Chihuahua.

VARIABLES	Altura	Diámetro	Volumen	Copa	Rectitud	Poda	Puntaje total
Edad	0.40** (.0001)	0.58** (.0001)	0.60** (.0001)	-0.05ns (.4791)	-0.16* (.0228)	0.32** (.0001)	-0.08ns (.2593)
Altura		0.61** (.0001)	0.73** (.0001)	0.06ns (.4251)	-0.12ns (.0903)	0.21** (.0022)	0.26** (.0002)
Diámetro			0.93** (.0001)	-0.14* (.0448)	-0.09ns (.2342)	0.18** (.0076)	0.13ns (.0778)
Volumen				-0.12ns (.0900)	-0.09ns (.1972)	0.24** (.0006)	0.17* (.0141)
Copa					0.08ns (.2442)	0.10ns (.1264)	0.22** (.0016)
Rectitud						-0.08ns (.2544)	0.01ns (.9032)
Poda							0.11ns (.1368)

\*\* significancia al 0.01; \* significancia al 0.05; ns no significativo. Entre paréntesis se presenta la probabilidad de cometer error tipo I ( $\alpha$ ).

las correlaciones positivas altas encontradas entre las variables de crecimiento, eran de esperarse ya que resulta lógico pensar que el árbol tiene un mayor crecimiento a diferente edad lo que representa un aumento en sus dimensiones tanto en diámetro como en altura y por lo tanto un incremento en volumen.

Whiteman *et al.* (1992) encontraron correlaciones genotípicas y fenotípicas fuertes entre el diámetro y la altura, además estimaron las heredabilidades individuales del diámetro del fuste

y la altura, obteniendo valores de 0.18 para el diámetro y de 0.23 para la altura. Por su parte Farfán (2001) en un ensayo de procedencias y progenies de *Pinus ayacahuite* Ehren. var. *ayacahuite* encontró una alta correlación genética (0.90) entre las variables altura y diámetro a la base del fuste a los 13 años de edad. y sugiere, tomar la variable más fácil de medir, al seleccionar individuos o familias con mayor crecimiento.

Las correlaciones negativas no significativas encontradas entre la rectitud y las variables de crecimiento. Por ejemplo rectitud con diámetro ( $r = -0.09$ ), concuerdan con lo reportado por Dean *et al.* (1986), quienes encontraron una correlación negativa entre el diámetro y la rectitud de hasta  $-0.45$ , además obtuvieron una correlación negativa entre la altura y la rectitud y la rectitud con el diámetro de ramas. Y señalan que la rectitud y diámetro son altamente heredables, de hasta 0.73 en diámetro y de 0.49 en rectitud, también la altura presentó una moderada heredabilidad con valores de 0.16 a 0.41.

Las correlaciones no significativas encontradas entre las variables estudiadas indican que teóricamente el valor de estas correlaciones es cero. Pero se debe tomar en cuenta que las correlaciones fenotípicas no necesariamente corresponden a correlaciones genéticas (Lin y Zsuffa, 1993).

Por otro lado, Valencia (1994) encontró valores de correlaciones genético-aditivas en *Pinus patula* Schl. et Cham. para las variables altura, diámetro y biomasa con valores positivos cercanos a la unidad y señala que la fuerte correlación entre la altura y el diámetro (0.84), se debe a que los genes que influyen en una característica probablemente también influyen sobre la otra, y también esto es de esperarse en el volumen, el cual está en función del diámetro y la altura. También estimó la heredabilidad para la altura y el diámetro encontrando valores de 0.14 y 0.10 respectivamente.

Ladrach y Lambeth (1991) encontraron en una prueba de progenie en *Pinus patula* valores de heredabilidad de 0.31 a 0.80 para la altura total, así como de 0.29 a 0.71 para el volumen, para la rectitud un valor de 0.23 y para la forma de la copa los valores de heredabilidad no fueron significativos. Igualmente, Cotterrill y Zed (1980) encontraron valores de heredabilidad de 0.18 a 0.29 para la altura, y de .07 a 0.39 para el diámetro, para el volumen de 0.11 a 0.36 y valores de 0.17 a 0.28 para la rectitud del fuste.

De acuerdo a los valores obtenidos en las correlaciones entre las diferentes variables de los árboles seleccionados, se observa que al seleccionar árboles dominantes en altura, diámetro

y volumen, se pierde un poco la calidad de la copa así como también la rectitud. En este caso, se deben de tomar en cuenta dos factores; primero la heredabilidad de esas características y segundo el valor económico que representan estas variables.

Algunos autores como Hocker (1984) mencionan que el valor económico de cada una de las características del árbol esta en función de los productos finales a obtener; por ejemplo, cuando son utilizados para postes o pilotes para minas los fustes deben ser rectos, casi cilíndricos, y grandes dimensiones. También el volumen tiene una gran importancia económica ya que de acuerdo al volumen del fuste del árbol se determina el producto final a obtener y por lo tanto su valor económico, es decir mientras mayor sea el volumen mayor será su valor económico. En cuanto a la copa; tienen un mayor valor económico los árboles que presentan copas cortas y angostas.

#### **4.4 Diferencial de selección e intensidad de selección de *Pinus arizonica* Engelm**

Los valores del coeficiente de variación (Cuadro 3) muestran que las variables con mayor variación en la población original son: el volumen y la rectitud, por el contrario el diámetro y la altura fueron los que presentaron menor variación. Mientras que

en los 20 mejores árboles de la población seleccionada el volumen y el diámetro representaron la mayor variación, y la rectitud y altura tuvieron la menor variación. Se puede apreciar que tanto en la población original como en los 20 mejores árboles de la población seleccionada la variable con mayor variación fue el volumen.

Cuadro 3. Valores promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y valores mínimos y máximos de las características evaluadas tanto para la población base como para los 20 mejores árboles de *Pinus arizonica* Engelm. en Chihuahua

	Variable	n	Promedio	Desviación estándar	C V %	Error estándar	Mínimos	Máximos
Población original	Altura (m)	1341	21.74	4.93	22.70	0.13	6.50	35.00
	Diámetro (cm)	1341	41.13	7.72	18.76	0.21	10.90	71.50
	Volumen (m <sup>3</sup> )	1041	1.92	0.90	47.02	0.03	0.39	6.26
	Rectitud	500	3.19	1.02	32.13	0.04	0.50	5.00
20 mejores árboles	Altura (m)	20	27.94	3.29	11.79	0.74	23.00	33.50
	Diámetro (cm)	20	48.92	8.91	18.21	2.00	36.70	66.50
	Volumen (m <sup>3</sup> )	20	3.07	1.32	43.13	0.30	1.55	6.26
	Rectitud	20	4.13	0.62	15.09	0.14	2.50	5.00

De acuerdo con los valores del error estándar, la mayor variación se presentó en los 20 mejores árboles de la población seleccionada, mientras que en la población original la variación fue menor.

Los valores obtenidos en la intensidad de selección (Cuadro 4) muestran que el valor promedio de las características altura, diámetro, volumen y rectitud de los 20 mejores árboles de la población seleccionada excedieron en alrededor de una desviación estándar al promedio de las mismas características de la población original.

Cuadro 4. Valores promedio, valores del diferencial de selección, desviación estándar, y valores de intensidad de selección de características evaluadas tanto para la población base como para los 20 mejores árboles de *Pinus arizonica* Engelm.

Variable	Promedio población original	Promedio árboles selectos	S	Desviación estándar	i
Altura (m)	21.74	27.94	6.20	4.93	1.25
Diámetro (cm)	41.13	48.92	7.79	7.72	1.01
Volumen (m <sup>3</sup> )	1.92	3.07	1.15	0.90	1.27
Rectitud	3.19	4.13	0.94	1.02	0.92

S = Diferencial de selección; i = intensidad de selección

El valor del diferencial de selección de una desviación estándar encontrado en este trabajo, muestra que existe ganancia de una desviación estándar al seleccionar los mejores fenotipos de la población, esta ganancia se podría aumentar si se ampliaran los datos de la población original con los valores promedios de todas las localidades existentes. Lo que significa que la



ganancia sería mayor, y entonces se alcanzaría valores similares a los señalados por otros autores como Wright (1976), quienes mencionan que un diferencial de selección de 2 a 3 desviaciones estándar es realista cuando se practica la selección en bosques naturales.

## 5 CONCLUSIONES

1. La calificación fenotípica de los 200 árboles selectos, de *Pinus arizonica* varió de 1.10 a 53.30 puntos.

2. En la población seleccionada de *Pinus arizonica* la distribución de frecuencias para las variables edad, categoría diamétrica y altura presentaron una tendencia aproximadamente normal. La selección se concentró en edades de 50 a 90 años, en categorías diamétricas de 35 cm a 55 cm y en altura de 20 a 30 m.

3. Las variables de crecimiento (altura, diámetro, y volumen) presentaron altas correlaciones fenotípicas positivas entre ellas.

4. En las variables de forma la copa presentó correlación negativa con el diámetro (-0.14), a diferencia de la rectitud que la presentó para la edad (-0.16), por el contrario la poda mostró asociación con las variables de crecimiento y la edad.

5. Las variables con mayor variación en la población original fueron el volumen y la rectitud, y para los 20 mejores árboles de la población seleccionada fue el volumen.

6. El diferencial de selección muestra que la media de los 20 mejores árboles de la población seleccionada excede en una desviación estándar a la media de la población original.

## 6 RECOMENDACIONES

1. Utilizar el método de comparación de árboles testigos, ya que es el más apropiado para la selección de árboles en bosques coetáneos, sin embargo para seleccionar árboles individuales en rodales incoetáneos es necesario revisar las metodologías establecidas.

2. Ampliar la base de datos de la población original para tener una mejor referencia de la eficiencia en la selección de árboles de *Pinus arizonica*.

3. Colectar germoplasma de los mejores árboles de la población seleccionada, ya que existe riesgo de daño o muerte por rayos y por tala clandestina. De esta manera se evitará que se pierdan fenotipos de valor y que se puedan valorarse en pruebas de progenie y huertos semilleros.

## 7 LITERATURA CITADA

- Alder, D. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Volumen 2. FAO, Roma. 80 p.
- Anónimo. 1993. Guía de planeación y control de las actividades forestales. Fondo de Cultura Económica. SEP. México. 266 p.
- Bridgwater, F.E y F. T. Ledig. 1986. Selecting for super trees. *Journal of Forestry*. 84:56.
- Cano C., J. 1988. El sistema de manejo regular en los bosques de México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 224 p.
- 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.
- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México, estudio del país. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Diversidad. México. 341 p.
- Consejo de Recursos Minerales. 1994. Monografía geológico-minera del estado de Chihuahua. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Subsecretaría de Minas. México. 297 p.
- Cotterill, P. P. y P. G. Zed. 1980. Estimates of Genetic Parameters for Growth of *Pinus radiata* D. Progeny Tests in South Australia. Division of forest research, CSIRO, Australia. 10:155-167.

- Daniel, T. W., J.A. HELMS y F. S. BAKER. 1982. Principios de Silvicultura. Mc Graw Hill. México. 492 p.
- Dean, C. A., P. P. Cotterill y R. L. Eiseman. 1986. Genetic parameters and gains expected from selection in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in Northern Queensland, Australia. *Silvae Genetica*. 35: 229-236.
- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 623 p.
- Farfán V., E de G. 2001. Evaluación del crecimiento de un ensayo de procedencias-progenie de *Pinus ayacahuite* Ehren. var. *ayacahuite*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de posgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 65 p.
- Flores L., C. 2000. Análisis y perspectivas del mejoramiento genético en los bosques del estado de Chihuahua. Gaceta de la red No 5. Agosto- Octubre. REMGEFOR. SEMARNAT-PRONARE. México. D.F. pp. 81-88.
- Flores L., C. 2001. Árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelman en el estado de Chihuahua, México. *Revista Forestal Latinoamericana*. 30 (16):51-63.
- Flores L., C. y J. Vargas H. 2001. Características de árboles selectos de *Pinus herrerae* Martínez en Chihuahua. In: V Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Guadalajara, Jalisco, México. pp. 245.
- Hernández D., J. 1992. Notas básicas sobre mejoramiento genético forestal. *Ciencia Forestal* 64(13):30-48.
- Hocker Jr., H.W. 1984. Introducción a la biología forestal. AGT Editor S.A. México. 446 p.

- Ladrach, W. E. y C. Lambeth. 1991. Growth and heretability estimates for a seven-year-old open-pollinated *Pinus patula* progeny test in Colombia. *Silvae Genetica*. 40:169-173.
- Ledig, F. T. 1973. The application of mass selection in tree improvement. *In: Proceedings of 20<sup>th</sup> Northeastern Forest Tree Improvement Conference, University of New Hampshire, Durham, New Hampshire. New Hampshire. pp. 69-84.*
- Lin, J. Z. y L. Zsuffa. 1993. Quantitative genetic parameters for seven characters in a clonal test of *Salix eriocephala*. *Silvae Genetica*. 42: 126-131.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2<sup>a</sup> ed. Ediciones Botas. México. 361 p.
- Noda J., A. L. y M. Pérez. 1986. Mejoramiento por selección individual. En: Genética y mejoramiento arbóreo. Departamento de producción vegetal, Centro Universitario de Pinar del Río. Ministerio de Educación. La Habana, Cuba. Pp. 260-278.
- Perry, J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber press. Portland, Oregon.USA. 231 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.*
- Rivero B., D. P. y E. M. Zepeda B. 1990. Principios básicos de regulación forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 257 p.
- 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. U.S.A. 32 p.

- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- S.R.H. 1970. Estudio complementario al de elaboración y trazo de isoyetas medias anuales de la República Mexicana. México. 99 p.
- SEMARNAT. 2000. Anuario estadístico de la producción forestal 2000. Dirección General Forestal. México, D. F. 154 p.
- SPP. 1981a. Cartas edafológicas. Chihuahua, La Paz, Tijuana. Escala 1:1'000,000. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional.
- SPP. 1981b. Cartas hidrológicas. Chihuahua, La Paz, Tijuana. Escala 1:1,000,00. Dirección General de Geografía del territorio nacional.
- UNAM. 1970. Cartas de climas claves 13R-III, 13R-V, 12R-II, 12R-IV, 12R-VI. Escala 1:500,000. Secretaría de la Presidencia. Dirección de Planeación. Comisión de Estudios del Territorio Nacional.
- Valencia M., S. 1994. Variación genética de la densidad de la madera en *Pinus patula* Schl. et Cham. y su relación con la velocidad de crecimiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de posgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 108 p.
- 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*. 41: 77-81.
- Wright, Jonathan W. 1976. Introduction to forest genetics. Academic Press. New york. 463 p.
- Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México. 545 p.



## 8 APÉNDICE

Apéndice 1. Ejemplo de la calificación de un árbol superior siguiendo el formato para seleccionar árboles superiores del Centro de Genética Forestal A. C.

Especie Pinus arizonica Número de árbol A502

Estado Chihuahua Municipio Bocoyna Propiedad Comunidad El Yeposo.

Altitud 2480 m.s.n.m. Latitud 27° 51'13'' Longitud 107° 50'46''

Seleccionador Knud E. Clausen, Celestino Flores L.

Fecha 22 de Abril de 1989

### II. Caracteres del árbol candidato

1. Altura (m) .....	23.0
2. d.a.p. (cm) .....	48.0
3. Volumen (m <sup>3</sup> ) .....	2.209
4. Copa.....	4.2
5. Rectitud del fuste ..	3.8
6. Poda natural .....	1.8
7. Ajuste por edad ....	0.0
*Suma de puntaje de 4 a 7 .....	9.8

### III. Comparación de puntajes:

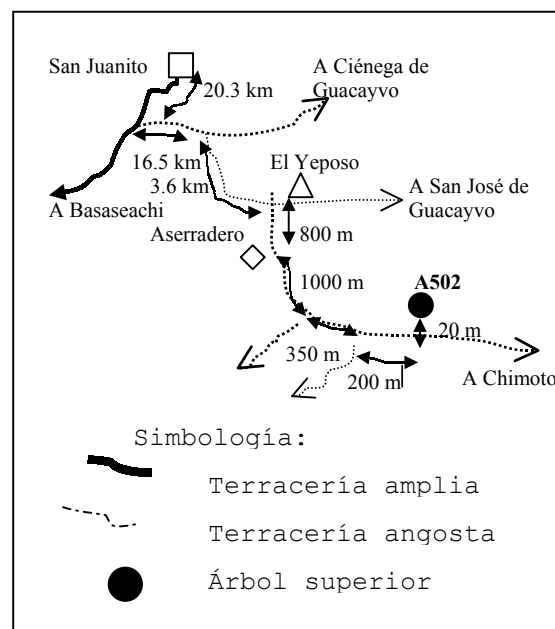
Carácter	Candidato	Testigo	Puntaje de candidato
Altura	23.0	20.3	5.0
Volumen	2.209	1.362	6.2
*Suma de puntaje			9.8
Puntaje total			21.0

Observaciones: Exposición N, con 3% de pendiente, estrato superior *P. durangensis*, *P. arizonica*; estrato medio *P. ayacahuite* *Quercus* sp; estrato inferior *Quercus* sp, *Juniperus* sp. y árbol con escasos conos viejos.

### III. Mediciones de los mejores 5 árboles dominantes testigos

Testigos	Altura	d.a.p.	Volumen	Edad
1	20.0	42.0	1.492	91
2	19.5	42.5	1.485	83
3	19.0	41.0	1.352	86
4	21.0	33.5	1.039	89
5	22.0	39.0	1.440	91
Total	101.5	198.0	6.808	440
Promedio	20.3	39.6	1.362	88

### IV. Mapa de ubicación del árbol candidato.



Altura (%)	Edad (años)		
	< 30	31 a 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 de pecho. A 1.30 m de nivel de suelo perpendicular a la pendiente.

$$3. \text{ Volumen} = \frac{V_c}{V_t} \quad \begin{array}{l} V_c = \text{Volumen del candidato} \\ V_t = \text{Volumen } \bar{x} \text{ de los testigos} \end{array}$$

Se otorga un 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 del cero para copas malas, al cinco para las mejores copas.

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 al 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 mas joven que el promedio de los testigos, recibe un 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 representen las diferentes calidades de estación donde habita la especie de la región donde se utilizará 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 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Chihuahua.

Clave	Árbol selecto								Testigos			Calificación (puntaje)				
	Edad (años)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Copa	Rectitud	Poda	Ajuste Por edad	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Edad (años)	Fenotipo	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Total
A 101	62	28.50	37.20	1.536	4.00	3.80	1.50	0.00	20.60	36.40	1.354	60	9.30	5.00	1.30	15.60
A 102	68	21.50	38.70	1.538	4.00	4.50	2.00	0.00	20.60	36.20	1.314	65	10.50	0.00	1.70	10.50
A 103	52	21.50	35.70	1.314	3.00	4.40	0.00	2.00	20.40	36.00	1.280	56	9.40	0.00	0.30	9.70
A 104	60	23.00	38.00	1.600	3.50	4.00	1.00	0.00	21.90	35.50	1.343	60	8.50	0.00	1.90	10.40
A 105	62	22.50	32.70	1.168	4.00	4.70	2.00	-3.00	19.70	29.80	0.847	56	7.70	6.00	3.80	17.50
A 106	54	29.00	35.30	1.780	3.50	3.60	1.00	5.00	20.10	35.50	1.213	61	13.10	10.00	4.70	27.80
A 107	59	22.00	33.00	1.160	3.50	4.00	1.00	-1.00	21.00	31.40	0.983	55	7.50	0.00	1.80	9.30
A 108	73	30.50	45.50	3.414	3.50	4.40	1.00	-3.00	22.90	44.40	2.218	67	5.90	10.00	5.40	21.30
A 109	66	23.50	36.80	1.540	3.50	4.70	2.00	-3.00	21.60	36.80	1.411	60	7.20	4.00	0.90	12.10
A 110	62	22.50	46.30	2.356	3.50	4.70	0.00	0.00	22.30	40.70	1.786	62	8.20	0.00	3.20	11.40
A 111	55	24.50	40.00	1.886	3.80	4.60	1.50	2.00	22.00	41.10	1.801	59	11.90	4.00	0.50	16.40
A 112	59	22.00	37.30	1.350	3.50	4.00	1.00	0.00	19.80	35.00	1.233	56	8.50	4.00	0.90	13.40
A 113	56	27.50	40.40	2.328	4.00	4.00	0.00	0.00	23.50	38.40	1.710	57	8.00	7.00	3.60	18.60
A 114	83	24.00	48.50	2.732	4.00	2.80	2.00	0.00	22.00	45.50	2.191	83	8.80	4.00	2.50	15.30
A 115	79	20.00	43.40	1.897	3.50	3.00	1.00	3.00	18.10	40.12	1.354	84	10.50	4.00	4.00	18.50
A 116	78	24.00	44.70	2.605	3.00	4.00	0.50	0.00	19.80	42.92	1.751	78	7.50	8.00	4.80	20.30
A 117	78	22.00	40.50	1.727	3.50	4.00	1.50	10.00	19.70	38.50	1.384	88	19.00	5.00	2.50	26.50
A 118	75	21.00	46.00	1.682	3.50	4.00	0.00	-2.00	20.00	38.70	1.420	70	5.50	0.00	1.90	7.40
A 119	65	24.50	39.90	1.878	3.00	4.50	1.50	2.00	22.10	38.60	1.584	69	11.00	4.00	1.90	16.90
A 120	61	22.00	40.50	1.727	3.00	3.50	1.00	14.00	21.00	37.80	1.447	77	21.50	0.00	1.90	23.40
A 121	79	30.50	48.00	3.566	4.00	4.80	1.50	0.00	27.40	46.40	2.975	81	10.30	4.00	2.00	16.30
A 122	79	30.00	46.50	3.405	4.00	4.80	2.00	-1.00	25.90	45.10	2.706	75	9.80	6.00	2.60	18.40
A 201	47	27.50	39.00	2.242	3.50	4.70	2.00	6.00	21.80	39.80	1.556	55	16.20	9.00	4.40	29.60
A 202	53	25.50	41.50	1.842	3.00	4.80	0.00	5.00	23.40	40.20	1.733	60	12.80	4.00	0.60	17.40
A 203	68	23.50	40.20	1.842	3.70	4.50	1.00	0.00	23.50	38.70	1.623	66	9.20	0.00	1.40	10.60
A 204	68	27.50	44.70	2.563	4.00	4.00	3.00	-1.00	23.50	46.70	2.196	64	10.00	7.00	1.60	18.60
A 205	55	22.50	38.00	1.653	3.50	4.70	0.00	0.00	20.10	33.50	1.023	56	8.20	5.00	6.10	19.30
A 206	49	19.00	38.00	1.464	4.00	3.80	1.00	1.00	17.80	36.00	1.131	52	9.80	2.00	2.90	14.70
A 207	61	19.00	40.70	1.464	3.50	4.50	0.00	-6.00	18.00	33.40	0.965	52	2.00	0.00	5.20	7.20
A 208	59	19.00	38.00	1.464	4.00	4.50	0.00	0.00	17.00	33.80	0.862	57	8.50	5.00	7.00	20.50
A 209	60	22.00	44.50	2.050	3.50	4.00	0.00	0.00	18.90	36.40	1.256	59	7.50	6.00	9.00	22.50
A 210	56	22.00	41.00	1.603	3.50	3.80	0.00	5.00	19.70	37.90	1.264	63	12.30	5.00	5.90	23.20
A 211	58	22.00	40.80	1.603	4.00	4.00	0.00	0.00	20.40	35.50	1.160	57	8.00	3.00	3.80	14.80
A 212	56	24.00	41.50	1.842	3.70	4.00	0.00	1.00	22.00	33.90	1.099	59	8.70	4.00	6.80	19.50
A 213	58	24.00	38.00	1.842	3.80	4.00	0.00	0.00	22.00	31.80	1.102	58	7.80	4.00	6.70	18.50
A 214	55	24.00	43.20	2.313	3.50	3.80	0.00	0.00	22.30	36.30	1.457	54	7.30	3.00	5.90	16.20
A 215	59	24.00	34.20	1.424	3.50	4.00	1.00	0.00	21.00	34.90	1.249	60	8.50	6.00	1.40	15.90
A 216	55	20.00	34.00	1.132	3.80	3.70	1.00	2.00	19.60	35.30	1.140	59	10.50	0.00	0.00	10.50
A 217	52	24.00	43.20	2.312	3.50	4.00	0.00	1.00	22.00	39.80	1.480	55	8.50	4.00	5.60	18.10
A 218	52	23.00	39.00	1.842	4.00	4.50	1.00	7.00	22.80	36.70	1.515	61	16.50	0.00	2.10	18.60
A 219	55	24.00	34.30	1.424	4.40	4.70	0.00	0.00	22.00	33.20	1.117	53	9.10	4.00	2.70	15.80
A 220	58	26.00	46.30	2.313	3.50	4.30	1.00	7.00	23.30	44.20	2.218	67	15.80	5.00	1.40	22.20

Clave	Árbol selecto								Testigos			Calificación (puntaje)				
	Edad (años)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Copa	Rectitud	Poda	Ajuste Por edad	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Edad (años)	Fenotipo	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Total
A 221	61	25.00	41.20	1.842	3.70	4.50	1.00	0.00	23.10	39.10	1.607	58	9.20	3.00	1.50	13.70
A 301	82	27.00	43.90	2.468	4.00	3.50	1.00	0.00	25.30	40.80	2.000	79	8.50	3.00	2.30	13.80
A 302	61	25.00	33.00	1.366	3.50	4.00	1.00	-3.00	23.20	32.80	1.150	55	5.50	3.00	3.50	12.00
A 303	57	24.00	36.70	1.366	4.00	4.50	0.00	0.00	21.60	32.40	0.930	58	8.50	4.00	4.40	17.20
A 304	56	23.00	35.00	1.366	4.00	4.00	0.00	0.00	17.70	31.80	0.789	56	8.00	5.00	7.30	20.30
A 305	58	23.50	39.00	1.801	4.00	4.00	0.00	-1.00	22.10	34.30	1.230	54	7.00	3.00	4.60	14.60
A 306	77	27.50	45.00	2.468	3.50	3.50	0.00	0.00	23.10	37.10	1.493	76	7.00	7.00	6.50	20.50
A 307	65	26.00	45.00	2.299	3.50	4.00	0.00	3.00	24.70	45.40	2.461	70	10.50	0.00	-0.70	9.80
A 308	86	32.00	46.50	2.800	4.50	4.00	1.00	0.00	29.70	42.00	2.197	87	9.50	3.00	2.40	14.90
A 309	110	28.50	40.40	2.073	3.50	3.00	2.00	7.40	25.50	36.00	1.396	103	4.50	5.00	6.30	15.80
A 310	89	25.00	44.00	2.299	3.50	3.50	0.00	-1.00	24.40	34.10	1.183	85	6.00	0.00	9.40	15.40
A 311	57	20.00	34.50	1.150	3.50	4.50	2.50	0.00	19.20	32.90	1.009	59	10.50	0.00	1.40	11.90
A 312	83	20.00	31.00	0.899	4.00	4.70	2.60	0.00	17.70	30.20	0.775	83	11.30	5.00	1.60	17.90
A 313	93	23.50	35.50	1.343	3.00	3.80	2.00	1.00	21.20	35.40	1.232	96	9.80	4.00	0.90	14.70
A 314	76	24.50	49.60	2.858	3.00	4.00	1.70	-1.00	22.00	40.90	1.673	72	7.70	4.00	7.80	19.50
A 401	85	24.50	51.70	2.981	4.00	3.50	2.00	-2.00	21.30	47.70	2.428	80	7.50	6.00	2.30	15.80
A 402	108	25.00	46.20	2.273	4.00	4.50	1.00	-13.00	22.83	38.00	1.569	92	-3.50	4.00	4.40	4.90
A 403	74	18.00	41.30	1.442	3.00	4.80	1.50	0.00	18.25	37.42	1.202	72	9.30	0.00	1.90	11.20
A 404	71	19.00	36.50	1.108	3.00	4.20	-0.50	0.00	17.00	35.53	1.011	72	6.70	4.00	0.00	10.70
A 501	90	24.50	41.00	1.811	3.00	3.50	1.50	-2.00	22.30	37.80	1.397	84	6.00	4.00	2.90	12.90
A 502	90	23.00	48.00	2.209	4.20	3.80	1.80	0.00	20.30	39.60	1.362	88	9.80	5.00	6.20	21.00
A 503	70	31.50	46.90	3.004	3.80	2.50	1.80	12.00	26.20	46.20	2.403	84	20.10	8.00	2.50	30.60
A 504	73	25.50	43.30	2.087	3.00	4.20	1.80	1.00	21.20	42.50	1.658	76	10.00	8.00	2.60	20.60
A 505	73	27.50	49.00	2.763	3.00	3.00	1.60	0.00	25.60	46.70	2.366	75	7.60	3.00	1.70	12.30
A 506	83	28.00	47.50	3.142	3.00	4.00	0.50	0.00	25.10	45.02	2.165	84	7.50	4.00	4.50	16.00
A 507	82	28.00	44.00	2.590	3.50	3.80	1.80	0.00	26.30	37.06	1.593	84	9.10	0.00	6.20	15.30
A 508	70	26.00	46.20	2.337	3.50	3.00	1.00	4.00	22.30	42.00	1.684	76	11.50	7.00	3.90	22.40
A 509	98	30.50	61.30	4.391	4.00	4.50	1.50	27.00	25.75	51.22	2.736	127	37.00	7.00	6.00	50.00
A 510	77	25.00	43.50	2.137	3.00	2.80	1.00	-1.00	22.00	41.08	1.583	78	5.80	5.00	3.40	14.20
A 511	71	23.50	37.80	1.361	4.00	4.80	2.00	0.00	21.10	38.36	1.249	70	10.80	4.00	0.00	14.80
A 512	89	29.00	47.00	3.142	3.00	2.80	1.00	-1.00	21.20	44.72	2.236	85	5.80	10.00	4.00	19.80
A 513	79	25.00	43.50	2.137	2.50	3.50	1.50	3.00	25.00	41.18	1.812	84	10.50	0.00	1.70	12.20
A 514	69	27.50	43.30	2.590	3.00	4.90	1.00	1.00	22.90	41.94	1.725	72	9.90	8.00	5.00	22.90
A 515	83	27.00	38.50	2.086	4.00	4.70	1.80	6.00	22.40	38.86	1.445	90	16.50	8.00	4.40	28.90
A 516	88	29.00	48.60	3.142	3.50	4.00	1.00	0.00	26.10	46.84	2.399	90	8.50	4.00	3.00	15.50
A 517	90	29.00	48.80	3.142	3.00	3.00	1.00	0.00	25.10	44.60	2.045	90	7.00	6.00	5.30	18.30
A 518	86	25.00	43.60	2.137	3.50	3.00	1.50	0.00	23.50	41.76	1.768	84	8.00	2.00	2.00	12.00
A 519	86	29.00	50.90	3.142	3.00	3.50	0.50	0.00	26.10	41.50	2.429	88	7.00	4.00	2.90	13.90
A 520	89	30.00	48.10	3.142	3.00	2.80	0.50	0.00	27.60	45.30	2.415	89	6.30	2.00	3.00	11.30
A 521	89	22.50	50.70	2.049	3.80	4.00	1.20	0.00	22.20	43.28	1.719	87	9.00	0.00	1.90	10.90
A 522	87	27.00	55.80	3.743	3.50	4.50	1.00	5.00	24.00	48.30	2.445	94	14.00	5.00	5.30	24.30
A 523	84	18.00	33.20	1.065	3.00	3.80	1.70	0.00	14.60	31.40	0.686	82	8.50	9.00	5.50	23.00

Clave	Árbol selecto								Testigos			Calificación (puntaje)				
	Edad (años)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Copa	Rectitud	Poda	Ajuste Por edad	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Edad (años)	Fenotipo	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Total
A 524	75	19.00	37.70	1.065	3.50	3.00	1.30	6.00	16.90	36.26	1.023	83	13.80	5.00	0.00	18.80
A 701	65	24.00	52.70	3.187	3.50	4.50	1.50	0.00	23.80	49.00	2.848	65	9.50	0.00	1.20	10.70
A 702	48	22.50	33.80	1.245	3.50	4.40	1.00	5.00	21.10	32.00	1.050	55	13.90	3.00	1.80	18.70
A 703	80	29.50	51.00	3.361	3.00	4.50	2.00	0.00	26.90	45.80	2.526	78	9.50	4.00	3.30	16.80
A 704	125	34.00	52.00	4.337	4.00	4.60	1.50	-6.00	28.70	56.30	4.306	116	4.10	7.00	0.70	11.80
A 705	81	30.50	54.50	3.952	3.50	4.30	1.00	15.00	29.10	48.00	2.982	98	23.80	0.00	3.20	27.00
A 706	87	32.50	56.20	4.465	2.80	2.50	1.80	0.00	27.30	48.70	2.828	86	7.10	7.00	5.80	19.90
A 707	78	28.00	48.60	2.901	3.50	4.20	1.30	5.00	26.40	45.80	2.452	85	14.00	3.00	1.80	18.80
A 708	74	25.00	45.30	2.261	3.40	4.80	1.80	0.00	20.60	39.50	1.435	74	10.00	8.00	5.80	23.80
A 709	86	31.50	53.20	3.888	3.80	3.30	1.70	0.00	26.60	45.50	2.428	85	8.80	7.00	6.00	21.80
A 710	84	23.50	44.60	2.064	3.00	4.00	1.30	0.00	20.70	42.00	1.629	84	8.30	6.00	2.70	17.00
A 711	62	25.50	43.70	2.149	3.00	4.20	0.50	10.00	21.40	40.70	1.575	74	17.70	7.00	3.60	28.30
A 712	87	22.00	46.20	2.073	3.50	3.00	1.50	-3.00	20.60	42.30	1.636	81	5.00	3.00	2.70	10.70
A 713	83	27.50	44.60	2.408	3.30	4.20	1.50	0.00	23.40	42.70	1.889	85	9.00	7.00	2.70	18.70
A 714	87	27.50	44.80	2.430	3.90	3.80	1.00	0.00	24.50	41.80	1.900	86	8.70	5.00	2.80	16.50
A 716	62	27.00	45.70	2.481	3.50	4.00	1.50	15.00	21.50	43.60	1.818	79	24.00	10.00	3.60	37.60
A 717	97	29.50	62.30	4.969	3.00	4.50	1.00	8.00	29.20	57.90	4.289	107	16.50	0.00	1.60	18.10
A 718	80	32.50	55.50	4.356	3.00	3.00	1.00	11.00	29.90	53.60	3.772	93	18.00	4.00	1.50	23.50
A 719	79	27.00	49.50	2.743	3.50	3.00	0.80	0.00	23.40	39.60	1.545	81	7.30	6.00	7.70	21.00
A 720	99	24.00	48.90	2.369	3.70	3.00	1.30	3.00	21.30	44.10	1.758	104	11.00	5.00	3.50	19.50
A 721	73	25.00	46.90	2.282	4.00	4.80	-0.70	12.00	22.10	43.90	1.772	87	20.10	5.00	2.90	28.00
A 722	75	23.00	43.00	1.769	3.20	3.60	2.00	-1.00	20.70	41.80	1.511	71	7.80	4.00	1.70	13.50
A 723	64	25.00	48.30	2.414	3.70	3.60	1.00	7.00	23.40	46.60	2.150	73	15.30	3.00	1.20	19.50
A 724	73	22.00	39.00	1.400	3.50	4.30	1.00	0.00	22.40	37.80	1.348	71	8.80	0.00	0.40	9.20
A 725	79	25.00	48.10	2.395	4.00	3.80	1.00	-4.00	21.40	43.20	1.655	72	4.80	7.00	4.50	16.30
A 726	53	26.50	54.00	3.181	4.30	4.50	1.50	12.00	19.40	49.40	1.951	67	22.30	10.00	6.30	38.00
A 727	79	24.50	44.50	2.019	3.10	3.80	0.00	0.00	19.30	33.70	0.932	80	6.90	10.00	11.70	28.60
A 728	65	24.00	34.90	1.237	3.80	4.30	0.00	0.00	20.30	34.10	0.991	66	8.10	7.00	2.50	17.60
A 729	77	24.00	39.00	1.532	4.00	4.60	1.70	-6.00	22.00	36.00	1.199	68	4.30	4.00	2.80	11.10
A 730	67	25.00	49.80	2.560	3.70	4.00	0.00	2.00	24.60	37.70	1.485	71	9.70	0.00	7.20	16.90
A 731	72	26.00	53.00	3.007	3.20	4.80	0.00	0.00	23.50	47.90	2.237	70	8.00	4.00	3.40	15.40
A 732	60	28.00	40.50	1.936	4.20	4.50	1.00	0.00	25.30	39.90	1.702	62	9.70	4.00	1.40	15.10
A 733	70	26.00	45.50	2.242	3.80	3.90	0.00	6.00	26.30	43.90	2.137	78	13.70	0.00	0.50	14.20
A 734	79	28.50	44.00	2.313	3.00	4.20	0.00	0.00	26.60	41.40	1.931	76	7.20	3.00	8.00	18.20
A 735	67	27.00	36.60	1.534	3.20	4.40	0.00	1.00	25.30	39.20	1.656	70	8.60	3.00	-0.70	10.90
A 736	77	25.50	35.10	1.333	3.50	3.80	0.50	0.00	22.20	33.40	1.049	74	7.80	6.00	2.70	16.50
A 737	67	26.50	37.40	1.568	3.80	4.80	0.00	0.00	23.80	33.70	1.165	64	8.60	4.00	3.40	16.00
A 738	68	24.50	58.40	3.407	3.10	4.80	0.50	-7.00	21.50	49.10	2.137	58	1.40	6.00	5.90	13.30
A 739	64	24.00	47.90	2.276	3.00	4.00	0.00	-1.00	24.10	43.60	1.933	60	6.00	0.00	1.80	7.80
A 740	68	23.00	38.70	1.444	3.40	3.50	1.00	0.00	21.60	34.90	1.110	67	7.90	3.00	3.00	13.90
A 741	68	23.00	39.00	1.466	2.90	4.00	0.50	0.00	20.60	36.80	1.188	69	7.40	5.00	2.30	14.70
A 742	75	28.00	44.50	2.321	3.40	4.00	1.60	-2.00	25.50	42.10	1.908	70	7.00	4.00	2.20	13.20

Clave	Árbol selecto								Testigos				Calificación (puntaje)			
	Edad (años)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Copa	Rectitud	Poda	Ajuste Por edad	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Edad (años)	Fenotipo	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Total
A 743	84	25.50	54.80	3.143	2.00	3.60	1.00	0.00	24.30	51.30	2.703	83	6.60	0.00	1.60	8.20
A 744	52	26.50	39.30	1.725	3.60	4.20	0.50	6.00	24.00	39.80	1.591	60	14.30	4.00	0.80	19.10
A 745	87	29.50	63.00	4.786	3.00	4.90	1.00	0.00	.	.	.	.	8.90	.	.	8.90
A 746	85	28.00	47.00	2.578	3.80	3.70	-0.50	0.00	26.30	44.70	2.227	84	7.00	3.00	1.60	11.60
A 747	71	25.90	37.00	1.499	3.70	4.20	0.00	3.00	23.30	37.20	1.369	76	10.90	4.00	0.90	15.80
A 748	61	22.50	36.80	1.281	3.00	4.00	1.00	-1.00	21.30	36.10	1.164	57	7.00	3.00	1.00	11.00
A 749	74	27.50	44.80	2.307	3.50	4.70	1.90	5.00	26.30	41.50	1.933	81	15.10	0.00	1.90	17.00
A 750	45	30.00	48.30	2.920	4.00	4.00	1.50	29.00	25.00	39.40	1.637	76	38.50	7.00	7.80	53.30
A 751	63	27.00	38.90	1.724	3.20	3.80	0.50	1.00	24.00	35.70	1.324	66	8.50	5.00	3.00	16.50
A 752	55	25.50	44.00	2.059	3.00	4.30	0.50	5.00	24.10	40.50	1.657	62	12.80	3.00	2.40	18.20
A 753	58	26.00	39.40	1.699	3.90	4.60	0.60	0.00	20.20	39.40	1.307	56	9.10	10.00	3.00	22.10
A 754	61	26.50	39.00	1.699	3.80	2.90	0.00	-3.00	22.60	37.70	1.357	55	3.70	7.00	2.50	13.20
A 755	60	22.00	39.90	1.463	3.00	4.10	0.00	0.00	21.30	34.40	1.064	60	7.10	0.00	3.80	10.90
A 756	72	26.50	37.40	1.568	3.40	4.90	1.30	2.00	21.80	38.20	1.343	76	11.60	8.00	1.70	21.30
A 757	61	25.00	38.80	1.584	3.70	3.50	0.00	6.00	23.20	35.20	1.214	69	13.20	3.00	3.00	19.20
A 758	82	24.00	46.50	2.151	3.30	3.00	0.50	-1.00	22.20	42.20	1.641	78	5.80	3.00	3.10	11.90
A 759	66	26.50	36.90	1.528	3.80	4.00	0.00	0.00	22.00	36.50	1.239	63	7.80	8.00	2.30	18.10
A 760	60	23.50	30.90	0.958	3.90	4.00	0.00	0.00	19.10	31.40	0.805	62	7.90	9.00	1.90	18.80
A 761	70	26.50	51.40	2.892	4.00	3.80	1.80	0.00	22.30	47.30	2.073	68	9.60	7.00	4.00	20.60
A 762	70	24.50	35.80	1.328	3.00	4.50	0.00	1.00	21.80	34.40	1.089	73	8.50	5.00	2.00	15.70
A 763	62	24.00	32.80	1.098	3.80	4.90	1.00	0.00	20.50	34.20	1.038	62	9.70	7.00	0.60	17.30
A 764	60	23.00	41.00	1.614	4.20	4.90	2.50	1.00	21.30	37.70	1.272	63	12.60	3.00	2.70	18.30
A 765	55	25.50	49.20	2.554	3.00	4.80	0.00	7.00	22.30	37.40	1.309	64	14.80	6.00	9.50	30.30
A 801	94	30.00	48.50	2.825	3.80	3.50	2.50	11.00	32.70	52.80	3.659	107	20.80	-3.00	-2.30	15.50
A 802	117	31.00	52.00	3.341	4.00	4.20	0.00	6.00	33.60	49.20	3.285	125	14.20	-3.00	0.20	11.40
A 803	108	30.80	64.00	4.972	4.00	5.00	1.00	21.00	27.00	52.50	3.004	131	31.00	6.00	6.60	43.60
A 804	95	31.50	53.30	3.522	4.00	4.00	1.00	0.00	28.60	42.10	2.057	96	9.00	4.00	7.10	20.10
A 805	75	23.00	35.20	1.165	4.00	4.20	1.00	0.00	17.80	30.20	0.692	77	9.20	10.00	6.80	26.00
A 806	84	32.00	43.00	2.381	4.50	4.00	2.50	9.00	26.60	41.70	1.875	95	20.00	8.00	2.70	30.70
A 807	68	28.00	40.00	1.810	4.00	4.50	2.00	0.00	24.80	36.10	1.324	68	10.50	5.00	3.70	19.20
A 808	83	27.00	44.00	2.108	4.00	3.80	2.00	8.00	25.40	40.40	1.727	93	17.80	3.00	2.20	23.00
A 809	73	25.50	44.50	2.036	4.00	4.20	0.00	16.00	24.20	38.00	1.447	91	24.20	0.00	4.10	28.30
A 810	104	33.50	56.70	4.264	4.00	4.00	2.00	11.00	28.80	54.50	3.468	117	21.00	6.00	2.30	29.30
A 811	110	26.00	55.50	3.191	4.00	4.00	1.50	0.00	24.60	54.50	2.904	111	9.50	3.00	1.00	13.50
A 812	89	25.00	46.50	2.179	4.00	4.00	2.00	-8.00	22.00	42.90	1.677	78	2.00	6.00	3.00	11.00
A 813	105	32.00	66.50	6.256	3.60	3.80	2.80	15.00	31.30	52.70	4.079	122	25.20	0.00	5.30	30.50
A 814	63	23.00	36.70	1.549	3.50	3.50	2.00	9.00	19.70	35.90	1.177	74	18.00	7.00	3.20	28.20
A 815	71	21.50	37.50	1.511	2.50	4.00	2.00	3.00	19.60	36.20	1.218	76	11.50	4.00	2.40	17.90
A 816	76	30.90	54.00	4.220	3.50	3.00	1.50	-1.00	28.70	49.40	3.297	72	7.00	4.00	2.80	13.80
A 817	98	28.50	52.50	3.661	3.80	4.00	2.60	6.00	28.30	49.80	3.306	106	16.40	0.00	1.00	17.40
A 818	87	28.50	57.50	4.307	4.20	3.80	2.50	-4.00	24.60	50.60	2.950	80	6.50	6.00	4.60	17.10
A 819	81	29.00	49.20	3.320	3.50	4.20	1.50	8.00	25.90	44.70	2.535	91	17.20	5.00	3.00	25.20



Clave	Árbol selecto								Testigos			Calificación (puntaje)				
	Edad (años)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Copa	Rectitud	Poda	Ajuste Por edad	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Edad (años)	Fenotipo	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Total
A 820	103	28.00	49.50	3.228	3.00	3.80	2.70	0.00	26.00	49.30	2.965	103	9.50	3.00	0.90	13.40
A 821	84	27.00	51.00	3.274	3.00	4.70	1.00	16.00	26.40	48.20	2.911	102	24.70	0.00	1.20	25.90
A 822	60	25.00	47.40	2.401	3.00	4.00	1.00	3.00	23.20	43.00	2.114	65	11.00	3.00	1.30	15.30
A 823	59	25.00	42.20	1.944	3.50	4.00	1.00	0.00	20.80	40.30	1.521	58	8.50	8.00	2.70	19.20
A 824	67	26.00	44.50	2.401	4.00	3.00	1.00	1.00	23.70	37.10	1.628	64	9.00	4.00	4.70	17.70
A 825	98	29.50	50.70	3.558	3.50	3.80	1.60	-3.00	26.60	44.00	2.494	92	5.90	4.00	4.20	14.10
A 826	96	28.50	50.00	3.558	3.50	4.00	1.50	-3.00	25.10	44.80	2.318	90	6.00	6.00	5.30	17.30
A 827	97	28.00	67.40	5.883	3.00	3.00	1.50	-7.00	24.16	59.40	3.818	87	0.50	6.00	5.40	11.90
A 828	93	25.00	44.10	2.401	3.20	4.20	1.30	-14.00	22.50	42.36	1.934	76	-5.30	4.00	2.40	1.10
A 829	90	30.00	55.00	4.237	3.00	4.00	1.00	-3.00	26.66	47.16	2.733	84	5.00	5.00	5.50	15.50
A 830	91	32.50	60.60	5.530	3.50	4.00	1.00	0.00	.	.	.	.	8.50	.	.	8.50
A 831	98	23.50	48.80	2.899	3.00	4.80	1.00	0.00	23.50	48.13	2.560	100	8.80	0.00	1.30	10.10
A 832	78	23.50	49.50	2.899	3.30	4.70	0.80	0.00	23.00	49.86	2.479	80	8.80	0.00	1.60	10.40
A 833	99	31.50	62.00	5.608	3.00	4.80	1.50	19.00	29.66	55.60	4.168	120	28.30	3.00	3.40	34.70
A 834	75	25.50	52.00	2.899	3.00	4.60	1.60	3.00	25.33	50.00	2.994	80	12.20	0.00	-3.10	9.10
A 835	107	31.00	63.00	5.696	3.00	3.00	1.00	7.00	31.33	59.06	5.248	116	14.00	0.00	8.50	22.50
A 908	99	28.00	48.00	2.902	3.50	4.00	1.50	17.00	26.00	50.00	2.943	118	26.00	3.00	-0.10	28.90
A 909	77	22.00	43.50	1.865	3.00	4.70	1.00	0.00	24.00	33.50	1.239	78	8.70	-3.00	5.00	10.70
A 910	6	32.00	48.60	1.521	3.60	3.80	1.20	5.00	20.80	36.00	1.296	95	13.60	3.00	1.70	18.30
A 911	104	25.00	52.20	2.899	4.50	4.00	1.50	-6.00	19.60	42.80	1.382	95	4.00	10.00	10.90	24.90
A 912	57	23.00	45.80	2.401	3.70	4.50	0.00	18.00	19.20	43.30	1.664	77	26.20	7.00	4.40	37.60
A 913	122	27.00	63.20	4.638	3.70	4.00	1.50	.	.	.	.	.	.	.	.	.
A 914	55	20.00	37.10	1.521	3.80	3.00	1.30	1.00	16.40	33.94	0.843	58	9.10	8.00	8.00	25.10
A 915	101	21.00	45.50	1.879	3.50	4.00	0.50	2.00	16.00	40.92	1.593	96	10.00	10.00	1.70	21.70
A 916	66	22.00	34.70	1.198	3.70	4.00	1.50	5.00	19.60	36.14	1.205	73	14.20	5.00	0.00	19.20
A 917	81	27.50	54.50	3.439	3.00	4.80	0.80	11.00	27.50	45.84	2.899	94	19.60	0.00	1.80	21.40
A 918	79	24.00	37.40	1.944	4.00	3.50	0.80	4.00	22.50	35.82	1.421	85	12.30	3.00	3.60	18.90
A 919	75	22.00	43.70	1.879	3.90	4.70	1.00	2.00	20.30	41.34	1.677	79	11.60	3.00	1.20	15.80
A 920	76	22.00	40.70	1.521	3.00	4.90	0.50	0.00	21.60	38.02	1.543	76	8.40	0.00	0.00	8.40
A 921	69	23.50	38.70	1.944	3.70	4.00	1.00	7.00	21.50	36.86	1.483	78	15.70	4.00	3.10	22.80
A 922	68	24.00	40.10	1.944	3.90	3.00	1.20	22.00	22.90	39.52	1.608	92	30.10	0.00	2.00	32.10
A 923	82	25.50	58.80	4.018	3.00	4.90	1.00	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Apéndice 3. Calificación de los 20 mejores árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. con sus testigos y calificación total en puntaje.

Clave	Árbol selecto								Testigos				Calificación (puntaje)			
	Edad (años)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Copa	Rectitud	Poda	Ajuste Por edad	Altura (m)	Diámetro (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Edad (años)	Fenotipo	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Total
A 750	45	30.00	48.30	2.920	4.00	4.00	1.50	29.00	25.00	39.40	1.637	76	38.50	7.00	7.80	53.30
A 509	98	30.50	61.30	4.391	4.00	4.50	1.50	27.00	25.75	51.22	2.736	127	37.00	7.00	6.00	50.00
A 803	108	30.80	64.00	4.972	4.00	5.00	1.00	21.00	27.00	52.50	3.004	131	31.00	6.00	6.60	43.60
A 726	53	26.50	54.00	3.181	4.30	4.50	1.50	12.00	19.40	49.40	1.951	67	22.30	10.00	6.30	38.00
A 716	62	27.00	45.70	2.481	3.50	4.00	1.50	15.00	21.50	43.60	1.818	79	24.00	10.00	3.60	37.60
A 912	57	23.00	45.80	2.401	3.70	4.50	0.00	18.00	19.20	43.30	1.664	77	26.20	7.00	4.40	37.60
A 833	99	31.50	62.00	5.608	3.00	4.80	1.50	19.00	29.66	55.60	4.168	120	28.30	3.00	3.40	34.70
A 922	68	24.00	40.10	1.944	3.90	3.00	1.20	22.00	22.90	39.52	1.608	92	30.10	0.00	2.00	32.10
A 806	84	32.00	43.00	2.381	4.50	4.00	2.50	9.00	26.60	41.70	1.875	95	20.00	8.00	2.70	30.70
A 503	70	31.50	46.90	3.004	3.80	2.50	1.80	12.00	26.20	46.20	2.403	84	20.10	8.00	2.50	30.60
A 813	105	32.00	66.50	6.256	3.60	3.80	2.80	15.00	31.30	52.70	4.079	122	25.20	0.00	5.30	30.50
A 765	55	25.50	49.20	2.554	3.00	4.80	0.00	7.00	22.30	37.40	1.309	64	14.80	6.00	9.50	30.30
A 201	47	27.50	39.00	2.242	3.50	4.70	2.00	6.00	21.80	39.80	1.556	55	16.20	9.00	4.40	29.60
A 810	104	33.50	56.70	4.264	4.00	4.00	2.00	11.00	28.80	54.50	3.468	117	21.00	6.00	2.30	29.30
A 515	83	27.00	38.50	2.086	4.00	4.70	1.80	6.00	22.40	38.86	1.445	90	16.50	8.00	4.40	28.90
A 908	99	28.00	48.00	2.902	3.50	4.00	1.50	17.00	26.00	50.00	2.943	118	26.00	3.00	-0.10	28.90
A 727	79	24.50	44.50	2.019	3.10	3.80	0.00	0.00	19.30	33.70	0.932	80	6.90	10.00	11.70	28.60
A 809	73	25.50	44.50	2.036	4.00	4.20	0.00	16.00	24.20	38.00	1.447	91	24.20	0.00	4.10	28.30
A 711	62	25.50	43.70	2.149	3.00	4.20	0.50	10.00	21.40	40.70	1.575	74	17.70	7.00	3.60	28.30
A 814	63	23.00	36.70	1.549	3.50	3.50	2.00	9.00	19.70	35.90	1.177	74	18.00	7.00	3.20	28.20

Apéndice 4. Valores de edad, frecuencia, frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado para la distribución de frecuencias por edad de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Chihuahua.

Edad (años)	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
45	2	2	1.00	1.00
50	6	8	3.00	4.00
55	18	26	9.00	13.00
60	30	56	15.00	28.00
65	15	71	7.50	35.50
70	20	90	10.00	45.50
75	25	116	12.50	58.00
80	22	138	11.00	69.00
85	24	162	12.00	81.00
90	11	173	5.50	86.50
95	7	180	3.50	90.00
100	8	188	4.00	94.00
105	5	193	2.50	96.50
110	4	197	2.00	98.50
115	1	198	0.50	99.00
120	1	199	0.50	99.50
125	1	200	0.50	100.00

Apéndice 5. Valores de categoría diamétrica, frecuencia, frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado para la distribución de frecuencias por categoría diamétrica de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Chihuahua.

Categoría Diamétrica	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
30	2	2	1.00	1.00
35	34	36	17.00	18.00
40	45	81	22.50	40.50
45	53	134	26.50	67.00
50	37	171	18.50	85.50
55	16	187	8.00	93.50
60	7	194	3.50	97.00
65	6	200	3.00	100.00
70	0	200	0.00	100.00

Apéndice 6. Valores de altura, frecuencia, frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado para la distribución de frecuencias por altura dominante de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Chihuahua.

	Altura (m)	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado	
Apéndice 7. volumen, frecuencia porcentaje y porcentaje y acumulado para la distribución de frecuencias por volumen de selectos de <i>Pinus arizonica</i> Engelm. del estado de Chihuahua.	20	31	31	15.50	15.50	Valores de frecuencia, acumulada, porcentaje acumulado
	25	108	139	54.00	69.50	
	30	56	195	28.00	97.50	
	35	5	200	2.50	100.00	

Volumen	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado
0.9	12	12	6.00	6.00
1.5	52	64	26.00	32.00
2.1	58	122	29.00	61.00
2.7	31	153	15.50	76.50
3.3	25	178	12.50	89.00
3.9	5	183	2.50	91.50
4.5	10	193	5.00	96.50
5.1	2	195	1.00	97.50
5.7	4	199	2.00	99.50
6.3	1	200	0.50	100.00

Apéndice 8. Valores de poda, frecuencia, frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado para la distribución de frecuencias por poda de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Chihuahua.

Poda	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado
-0.6	3	3	1.50	1.50
-0.2	0	3	0.00	1.50
0.2	42	45	21.00	22.50
0.6	15	60	7.50	30.00
1.0	58	118	29.00	59.00
1.4	37	155	18.50	77.50
1.8	17	172	8.50	86.00
2.2	18	190	9.00	95.00
2.6	8	198	4.00	99.00
3.0	2	200	1.00	100.00

Apéndice 9. Valores de copa, frecuencia, frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado para la distribución de frecuencias por copa de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Chihuahua.

Copa	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado
2.1	1	1	0.50	0.50
2.4	2	3	1.00	1.50
2.7	1	4	0.50	2.00
3.0	50	54	25.00	27.00
3.3	12	66	6.00	33.00
3.6	65	131	32.50	65.30
3.9	60	191	30.00	95.50
4.2	5	196	2.50	98.00
4.5	4	200	2.00	100.00

Apéndice 10. Valores de rectitud, frecuencia, frecuencia acumulada, porcentaje y porcentaje acumulado para la distribución de frecuencias por rectitud de 200 árboles selectos de *Pinus arizonica* Engelm. del estado de Chihuahua.

Rectitud	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado
2.55	2	2	1.00	1.00
2.85	5	7	2.50	3.50
3.15	18	25	9.00	12.50
3.45	14	39	7.00	19.50
3.75	26	65	13.00	32.50
4.05	52	117	26.00	58.50
4.35	23	140	11.50	70.00
4.65	38	178	19.00	89.00
4.95	22	200	11.00	100.00