

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Selección de árboles y diseño de un área semillera de *Pinus greggii*
Engelm. en el CAESA, Arteaga, Coahuila.**

Por:

ENRIQUE BUCIO ZAMUDIO

TESIS

**Presentada como requisito parcial para
obtener el título de:**

INGENIERO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Octubre de 2005

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

**Selección de árboles y diseño de un área semillera de *Pinus greggii*
Engelm. en el CAESA, Arteaga, Coahuila.**

Por:

ENRIQUE BUCIO ZAMUDIO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADA

Asesor principal

Coordinador de la División de Agronomía

**Ph. D. Eladio H. Cornejo
Oviedo**

M. C. Arnoldo Oyervides García

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Octubre de 2005**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

**Selección de árboles y diseño de un área semillera de *Pinus greggii*
Engelm. en el CAESA, Arteaga, Coahuila.**

Por:

ENRIQUE BUCIO ZAMUDIO

TESIS PROFESIONAL

**Que se somete a consideración del H. Comité de Tesis como requisito parcial
para obtener el título de:**

INGENIERO FORESTAL

APROBADA

Ph. D. Eladio H. Cornejo Oviedo
Asesor principal

M.C. Salvador Valencia Manzo
Asesor

M.C. Celestino Flores López
Asesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Octubre de 2005

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de concluir con mis estudios.

Al Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo Profesor del Departamento de Forestal por haberme asesorado para realización del presente trabajo, así como por su amistad durante mi estancia en esta Universidad.

Al M.C. Salvador Valencia por contribuir con sus valiosas aportaciones para mejorar la realización de este trabajo.

Al M.C. Celestino Flores López por sus revisiones y valiosas aportaciones para la realización del presente trabajo.

A todos los profesores del Departamento de Forestal por haber contribuido con sus conocimientos en mi formación académica.

A Julián Charles por su amistad y por su apoyo en la toma de datos de campo.

A mis amigos Estela Hernández Bautista, Rafael Contreras Mejía, Homero Quintero Castañeda y Armando Elías Sierra Villagrana por su gran amistad que me brindaron

durante mi estancia en la Narro y estar conmigo en los buenos y malos momentos. Gracias.

A todos mis compañeros de la generación XCVIII de la Carrera de Ingeniero Forestal.

A mis paisanos con los que tuve la oportunidad de compartir buenos momentos durante mi estancia en la universidad.

DEDICATORIA

A mis padres:

Margarita Zamudio Reyes y Enrique Bucio Sandoval

Con todo mi amor por los grandes sacrificios que hicieron para poder brindarme la oportunidad de concluir con mis estudios profesionales y por sus sabios consejos y enseñarme que con un poco de esfuerzo todo se puede lograr, por su preocupación para que toda la familia salga adelante los quiero mucho.

A mis hermanos:

A mis hermanos por el apoyo que me han demostrado durante toda mi vida, por los buenos y malos momentos que hemos compartido juntos.

A mis abuelos:

Carmen Sandoval y † Salvador Bucio

Aurora Reyes y Isaias Zamudio

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1
Huerto semillero	1
Área semillera	2
Antecedentes de la plantación	2
Aclareos	3
Podas	3

OBJETIVO	5
HIPOTESIS	5
MATERIALES Y MÉTODOS	6
Descripción del área experimental	6
Diseño experimental	7
Variables evaluadas	7
Transformación de variables	11
Análisis estadístico	12
Simulación de aclareos	13
RESULTADOS	14
Análisis de componentes principales	14
Análisis de agrupamiento	18
Simulación de aclareos	23
DISCUSIÓN	26
LITERATURA CITADA	30
APÉNDICE	33

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Localización geográfica y altitud de las tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. utilizadas en el ensayo establecido en el CAESA, Los Lirios, Arteaga, Coah.	7
Cuadro 2. Coeficientes de correlación de las todas variables con los tres Primeros Componentes que explicaron el 65.66% de la varianza en el ensayo tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. establecido en el CAESA, Los Lirios, Arteaga, Coah.	16
Cuadro 3. Coeficientes de correlación de las nueve variables con los tres Primeros Componentes que explicaron el 88.15% de la varianza en el ensayo tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm.	

	establecido en el CAESA, Los Lirios, Arteaga, Coah.	18
Cuadro 4.	Valores de las variables dasométricas, del crecimiento relativo en altura y diámetro y de conos para cada grupo	21

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Croquis del ensayo de tres procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. establecido en el CAESA, Los Lirios, Arteaga, Coah.	8
Figura 2.	Varianza explicada por los componentes principales utilizando todas las variables	14
Figura 3.	Varianza explicada por los componentes principales utilizando las nueve variables que mas se correlacionaron	17
Figura 4.	Componentes principales 1 y 2 que corresponden a las variables dasométricas y a las variables de conos en los cuatro grupos con el análisis de agrupamiento	19
Figura 5.	Croquis del ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm.	

establecido en el CAESA, Los Lirios, Arteaga, Coah. antes de la simulación de los aclareos.	24
Figura 6. Croquis del ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. después de la simulación de un primer aclareo por lo bajo para eliminar los árboles inferiores del grupo uno	24
Figura 7. Croquis del ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. después de la simulación de un segundo aclareo por lo bajo para eliminar los árboles inferiores del grupo dos	25
Figura 8. Croquis del ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. después de simular la aplicación de un aclareo geométrico eliminando árboles de los grupos uno, dos, tres y faja de protección considerando espaciamiento y distribución de los árboles semilleros	25

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en un ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. establecido en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga Los Lirios, Arteaga, Coah., el objetivo fue diseñar y planear el establecimiento de una área de producción de semilla, en su fase inicial mediante la simulación de aclareos, seleccionando los árboles con fenotipos idóneos para la producción de semilla.

Las variables que se evaluaron fueron altura total, diámetro a 1.3 m, diámetro a la base, diámetro de copa, diámetro de las ramas más gruesas que se encontraban por arriba de 1.30 m, rectitud del fuste, número de verticilo, número de ramas por verticilo, número de conos largo y ancho de conos y el producto de estos y se calcularon los crecimientos relativos tanto en altura como en diámetro, se estimó un cociente de ramas y el volumen de Pressler.

Todas las variables se estandarizaron para cumplir con los supuestos de los análisis multivariados, el análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SAS, primero se realizó un análisis por componentes principales posteriormente un análisis de agrupamiento y finalmente una combinación de estos dos donde los árboles se agruparon en cuatro grupos con tres componentes principales, reduciéndose de 17 variables a nueve solamente con las que se explicó el 88.15% de la varianza.

Los grupos quedaron formados de acuerdo a los tamaños de los árboles, al número de conos por árbol y al tamaño de los conos. Se realizó una simulación de los aclareos los primeros dos se consideran aclareos por lo bajo ya que se eliminan los árboles de menor tamaño ya para el tercer aclareo se considera un aclareo geométrico porque en este se toma en cuenta más el espaciamiento entre los árboles quedando finalmente una densidad de 349 árboles ha^{-1} .

INTRODUCCIÓN¹

Un programa de mejoramiento genético de árboles forestales tiene como objetivo principal, la producción de semilla genéticamente mejorada para el establecimiento de plantaciones forestales. Estas necesidades pueden ser cubiertas para el primer caso con el desarrollo de áreas semilleras, mientras que las necesidades a largo plazo puedan ser satisfechas mediante el establecimiento de huertos semilleros (Clausen, 1990a).

Con los programas de mejoramiento genético se puede obtener árboles de crecimiento rápido, con mejor forma, bien adaptados y resistentes a plagas; en estos mismos programas también es posible mejorar las propiedades de la madera, ya que estas características son lo suficientemente heredables para obtener ganancias rápidas económicamente, por tener un efecto importante sobre la calidad y rendimiento de la pulpa y los productos del papel (Zobel y Talbert, 1988).

Huerto semillero

Un huerto semillero es una plantación de clones o progenies seleccionados que se aísla o maneja para evitar o reducir la polinización a partir de fuentes externas, para producir cosechas frecuentes de semillas, abundantes y fácilmente obtenibles. Existen huertos semilleros producidos a partir del uso de propágulos vegetativos como injertos y estacas; huertos semilleros de plántulas, que se establece mediante la siembra de plántulas en los cuales posteriormente se hace una depuración eliminando los árboles indeseables dejando los mejores árboles de las mejores familias para la producción de semillas. (Zobel y Talbert, 1988).

¹ Tesis elaborada con base en el formato de la revista Madera y Bosques.

Área semillera

Patiño y Villarreal, 1976 mencionan que un área semillera es un rodal seleccionado de alta calidad en el cual los individuos menos deseables son cortados para evitar su cruzamiento con árboles seleccionados, proporcionando espacio para el desarrollo de los mejores árboles, y que su función es proporcionar grandes cantidades de semilla de buena calidad en un corto plazo. Entre las principales ventajas de las áreas semilleras se tienen las siguientes: un periodo corto para su establecimiento y producción, producción de semilla de alta calidad que puede ser certificada y obtención de semilla de origen geográfico conocido.

Antecedentes de la plantación

En el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA) se han establecido seis plantaciones, algunos de los objetivos son la aclimatación de diversas especies, la selección de procedencias para la producción de árboles de navidad y de reforestación, así como la comparación de progenies de árboles maternos de *Pinus greggii* Engelm. para la producción de semilla mejorada.

El presente trabajo está relacionado con el ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. establecido los días 19 y 20 de junio de 1992, utilizando las procedencias Cañón de Jame y Los Lirios de Arteaga, Coahuila y Ejido Cuauhtémoc de Saltillo, Coahuila. En este ensayo se han realizando mediciones anuales de 1992 a 1996 y en el 2003 y 2005, las variables que se han evaluado son sobrevivencia, altura, y diámetro a la base.

Debido a que este ensayo ya cumplió con su propósito y a que este material se puede seleccionar y ser aprovechado se pretende convertir a un área semillera para la obtención de semilla mejorada para la forestación y reforestación de esa región.

Aclareos

Fischer, (1993) menciona que los aclareos son las cortas realizadas en rodales de edad uniformes con la finalidad de redistribuir el potencial de crecimiento o mejorar la calidad del rodal residual, con lo que se pretende conseguir algunos de los siguientes objetivos:

1. Cosecha de madera o de subproductos (ramas ornamentales para la navidad etc.).
2. Eliminación de individuos de mala calidad o de especies no deseadas.
3. Aumento de la estabilidad del rodal.
4. Regulación de la mezcla de especies.
5. Distribución espacial uniforme.

Por su parte Daniel *et al*, 1982 y Fischer, 1993 mencionan que existen los siguiente tipos de aclareo: aclareo por lo bajo, aclareo por lo alto, aclareo selectivo, aclareo mecánico y aclareo libre.

Podas

La poda es la supresión de ramas de un árbol en pie y se clasifica en poda natural y poda artificial, así mismo la poda artificial se divide en poda de ramas secas y poda de ramas verdes. Existen podas de diámetro, de fracción de altura y hasta tangencia de copas (Montoya, 1996).

Lo fundamental de toda poda es regular la operación, de modo que los árboles seleccionados sean realmente los dominantes durante la temporada de cosecha. Es importante podar sólo aquellos árboles que sean inherentemente de crecimiento rápido que, como tales, retengan su dominancia dentro del rodal (Zobel y Talbert, 1988).

En podas destinadas a mejorar la calidad de la madera, se aplica simplemente la supresión de las ramas inferiores por criterios que pueden ser:

a) De diámetro, se suprimen todas las ramas inferiores hasta un cierto diámetro del fuste.

b) De fracción de altura, se suprimen todas las ramas inferiores hasta una cierta fracción de altura, que normalmente se va ampliando con la edad.

c) Hasta tangencia de copas, se suprimen todas las ramas que se encuentran por debajo de la tangencia de la copa (Montoya, 1996).

OBJETIVO

Seleccionar arbolado y diseñar un área semillera mediante simulación de aclareos para el ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm establecido en el CAESA, Arteaga, Coahuila.

HIPÓTESIS

El diámetro normal, diámetro basal, altura total, largo de conos y ancho de conos son variables que sirven para seleccionar los mejores árboles para la producción de semilla.

La metodología de combinación de análisis por grupos y métodos multivariados es efectiva para seleccionar los árboles por sus mejores características.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área experimental

El área experimental se localiza en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CAESA), de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Arteaga, Coah., a una distancia aproximada de 45 km de Saltillo, Coah., entre las coordenadas geográficas 25° 23' a 25° 24' Norte y 100° 36' a 100° 37' Oeste, a una altitud de 2280 msnm (INEGI, 2000).

El área se encuentra dentro de la región hidrológica Bravo - Conchos (RH24) y la cuenca hidrológica Río Bravo - San Juan (24B) (SPP, 1983). Están presentes dos arroyos intermitentes uno en la parte Norte y otro en la parte Oeste, que nacen en la parte alta de la Sierra Rancho Nuevo (INEGI, 2000). La geología del CAESA esta constituida de rocas de origen sedimentario, con depósitos de aluvión (CETENAL, 1976). Los suelos predominantes son los feozem calcáricos y en menor proporción las rendzinas, con una textura fina, que se encuentran en fase petrocálcica (CETENAL, 1977).

De acuerdo con la estación meteorológica de San Antonio de las Alazanas, Arteaga, Coah., ubicada a 12 km del CAESA, el clima es templado con verano fresco y largo, con una temperatura media anual de 13.6° C; la temperatura media del mes más frío es de 9 °C y la del mes más caliente es de 16.1 °C; las temperaturas más altas se presentan en los meses de mayo a julio y las más bajas de diciembre a febrero; la precipitación media anual es de 521.2 mm; los meses con mayor precipitación son de junio a septiembre y los meses más secos son febrero y marzo, siendo julio el mes más lluvioso (CONAGUA, 2001). La fórmula climática del área de estudio es Cb(X')(Wo)(e)g (García, 1987).

Diseño experimental

El ensayo de procedencias está establecido bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres bloques perpendiculares con respecto a la pendiente, con 39 plantas por parcela (unidad experimental), 117 plantas por procedencia y 351 plantas útiles en total utilizándose 98 plantas de borde; la distribución de la planta se hizo en tres bolillo con un espaciamiento de 1.8 m (Figura 1). Las procedencias utilizadas fueron Cañón de Jamé y Los Lirios de Arteaga, Coah. y Cuauhtémoc de Saltillo, Coah. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Localización geográfica y altitud de las tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. utilizadas en el ensayo establecido en el CAESA, Arteaga, Coah.

Procedencia (nombre)	Localización geográfica		Altitud (msnm)
	Latitud	Longitud	
Cañón de Jamé, Arteaga, Coah.	25° 20' 40"	100° 35' 25"	de 2500 a 2600
Los Lirios, Arteaga, Coah.	25° 23' 15"	100° 33' 00"	De 2300 a 2400
Cuauhtémoc, Saltillo, Coah.	25° 17' 00"	100° 55' 20"	De 2400 a 2500

INEGI (1999) Carta topográfica. Arteaga. G14 C34. Escala 1:50,000. México.

INEGI (2000) Carta topográfica. San Antonio de las Alazanas. G14 C35. Escala 1:50,000. México.

VARIABLES EVALUADAS

La altura total se midió con una regla graduada en centímetros a partir de la base del tallo hasta la punta. También se midió el diámetro basal inicial con un pie de rey digital con aproximación a un milímetro, lo más cercano posible al suelo. Para el diámetro basal final se utilizó una cinta diamétrica y la medición se realizó de la misma forma.

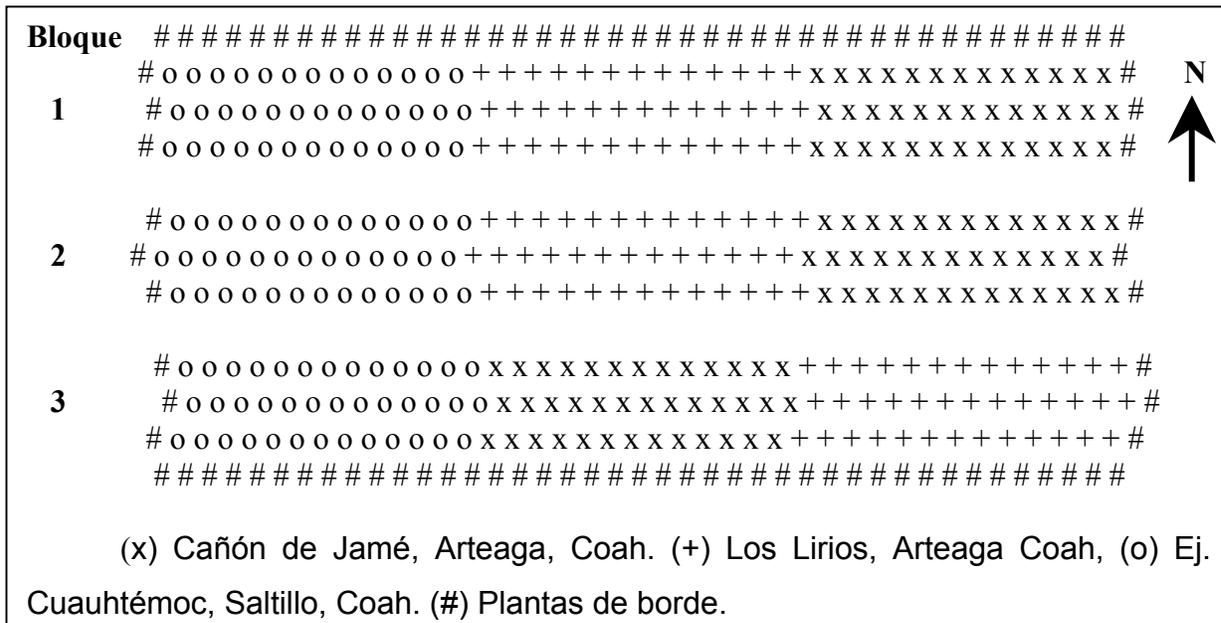


Figura 1. Croquis del ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. establecido en el CAESA, Los Lirios, Arteaga, Coah.

Otra variable que se evaluó fue el diámetro normal a 1.30 metros a partir del suelo, el cual se midió con un pie de rey digital en los árboles de diámetro menor a 7 centímetros y con una cinta diamétrica en los árboles con diámetro mayor ó igual a 7 centímetros.

La altura total inicial y el diámetro basal inicial se midió el 6 de agosto de 1992. La altura total, el diámetro basal y el diámetro normal finales se evaluaron el 21 de enero de 2005.

Se calcularon los crecimientos relativos en altura total (CRA) y en diámetro basal (CRDB) mediante la siguiente fórmula:

$$CRD = \frac{\ln A_f - \ln A_i}{T_f - T_i}$$

Donde:

CRA = Crecimiento relativo en altura

Ln = Logaritmo natural

A_f = Altura final

A_i = Altura inicial

T_f = Tiempo final (21 de enero de 2005)

T_i = Tiempo inicial (6 de agosto de 1992)

De la misma manera se calcularon los valores para el CRDB.

Otra variable que se uso fue el volumen de Pressler - Bitterlich el cual se calculó con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{2}{3}g * p$$

Donde:

g = Área seccional a 1.30 m de altura (m^2)

p = Altura de Pressler = $h + 1.30 + 0.65$ m.

h = Distancia entre diámetro normal y la sección con diámetro igual a la mitad del diámetro normal.

Además, se midió el diámetro de copa con una cinta métrica trazando dos radios uno en forma paralela a la pendiente y otro de manera perpendicular a la pendiente obteniendo un promedio de estos dos.

Se midió el diámetro de las ramas más gruesas que se encontraban en los tres verticilos por arriba del diámetro normal para lo cual se usó un pie de rey digital, también se midió el ángulo de inclinación de las ramas con respecto al fuste del árbol utilizando un transportador.

Se estimó un cociente de ramas (Cocirama) que se obtuvo con el diámetro a la base del árbol y el promedio del diámetro de las ramas más gruesas que se encontraban en los tres verticilos por arriba del diámetro normal utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Cocirama} = \frac{\text{DB}}{\text{Dpromr}}$$

Dónde:

Cocirama = cociente de ramas

DB = Diámetro basal

Dpromr = Diámetro promedio de las ramas

Se evaluó la rectitud del fuste considerando una ponderación y usando números del uno al cuatro como sigue: el 1 para árboles rectos, 2 para árboles inclinados, 3 para árboles inclinados y torcidos y 4 para árboles torcidos, inclinados y/o bifurcados.

Para las variables número de verticilos y número de ramas por verticilo se realizó un conteo directo desde la base del árbol hasta la yema apical, considerando como verticilo todos aquellos que tenían dos o más ramas. En el caso de las ramas por verticilo se obtuvo un promedio de las ramas de cada verticilo.

Para el número de conos se hizo un conteo directo de todos los conos que tenía cada árbol el 26 de enero de 2005 y posteriormente se realizó una separación de los árboles sin conos, los árboles que tenían hasta quince conos y los árboles que tenían un número mayor de quince conos. Posteriormente se colectaron diez conos de aquellos árboles que tenían más de quince conos, se realizaron mediciones del largo y ancho de cada uno de los conos y se obtuvo un índice de estas mediciones multiplicando el largo por el ancho de los conos, obteniendo así tres variables diferentes.

Transformación de variables

Todas las variables se estandarizaron con la finalidad de cumplir con los supuestos de los análisis multivariados, utilizando la siguiente fórmula para todas las variables excepto para el ángulo de ramas:

$$Z_{ij} = X_{ij} / S_j$$

Donde:

Z_{ij} = Nuevo valor estandarizado

X_{ij} = Valor con que se representa la variable j en la observación i .

S_j = Desviación típica o estándar de los valores de la variable j .

Para la estandarización del ángulo de las ramas se realizó una transformación angular con la siguiente fórmula:

$$X^0 = \text{Sen}^{-1} \sqrt{X + 0.1}$$

Donde:

X^0 = Indica el valor transformado.

X = Valor original en porcentaje en un rango de 0 a 100.

Sen^{-1} = Inversa del seno.

El valor de 0.1 se utilizó para eliminar los valores de 0 que existían en la base de datos original

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de componentes principales con el paquete estadístico Statistical Analysis System (S.A.S.) versión 8.0, utilizando el procedimiento PROC PRINCOMP (Apéndice 1).

Para seleccionar los componentes principales y hacer la reducción de éstos, se graficaron en el eje de las abscisas los componentes principales en orden decreciente y en el eje de las ordenadas, el porcentaje de la variación explicada por cada componente. Para seleccionar el número de componentes principales a utilizar se analizó la gráfica y se seleccionaron los componentes que se encontraban hasta el punto de inflexión de la curva (contraste de caída), considerando que explicara por lo menos el 65% de la varianza.

Posteriormente, se procesaron nuevamente los datos pero ya con la reducción de las variables, para seleccionar el número de componentes a utilizar se consideró el mismo criterio de contraste de caída y que en esta ocasión se explicara por lo menos el 85% de la varianza.

Para agrupar los árboles de acuerdo a las características fenotípicas de cada uno, se utilizó el procedimiento PROC CLUSTER para lo cual se probaron distintos métodos como Average, Twostage K=3, Ward Pseudos, Density K = 3, Single y Centroid, cada uno con distinto número de grupos. Para decidir el número de grupos por cada método se busco el grupo que presentara los valores más altos del criterio cúbico de agrupamiento (CCC) y de la pseudo F estadística. Cada árbol se identificó con un código diferente para ubicarlo en que grupo se encontraba.

Simulación de aclareos

Una vez obtenidos los grupos se procedió a realizar la validación de los árboles en campo, verificando cuales eran las características por las que se habían separado por cada grupo. En la validación se observó que existen grandes huecos dentro de la plantación debido a mortalidad que hubo en años anteriores.

Para realizar las simulaciones se asignó un símbolo a cada grupo de árboles, dado que los árboles no tienen un tallo fuerte se consideró dejar árboles de protección en los puntos donde los vientos ocurren con mayor frecuencia. Para la primera simulación se eliminaron los árboles del grupo 1 considerando también los criterios de espaciamiento y protección en los espacios grandes.

Para la simulación del segundo aclareo se eliminó parte de los árboles del grupo 2 tomando en cuenta los mismos criterios y para la tercera simulación se eliminaron los árboles restantes del grupo 2, los que se habían dejado para protección y algunos de los grupos 3 y 4 considerando la distribución y el espaciamiento.

RESULTADOS

Análisis de componentes principales

Para el análisis de componentes principales, inicialmente, se utilizaron todas las variables evaluadas para reducir el número de variables a utilizar (Figura 2).

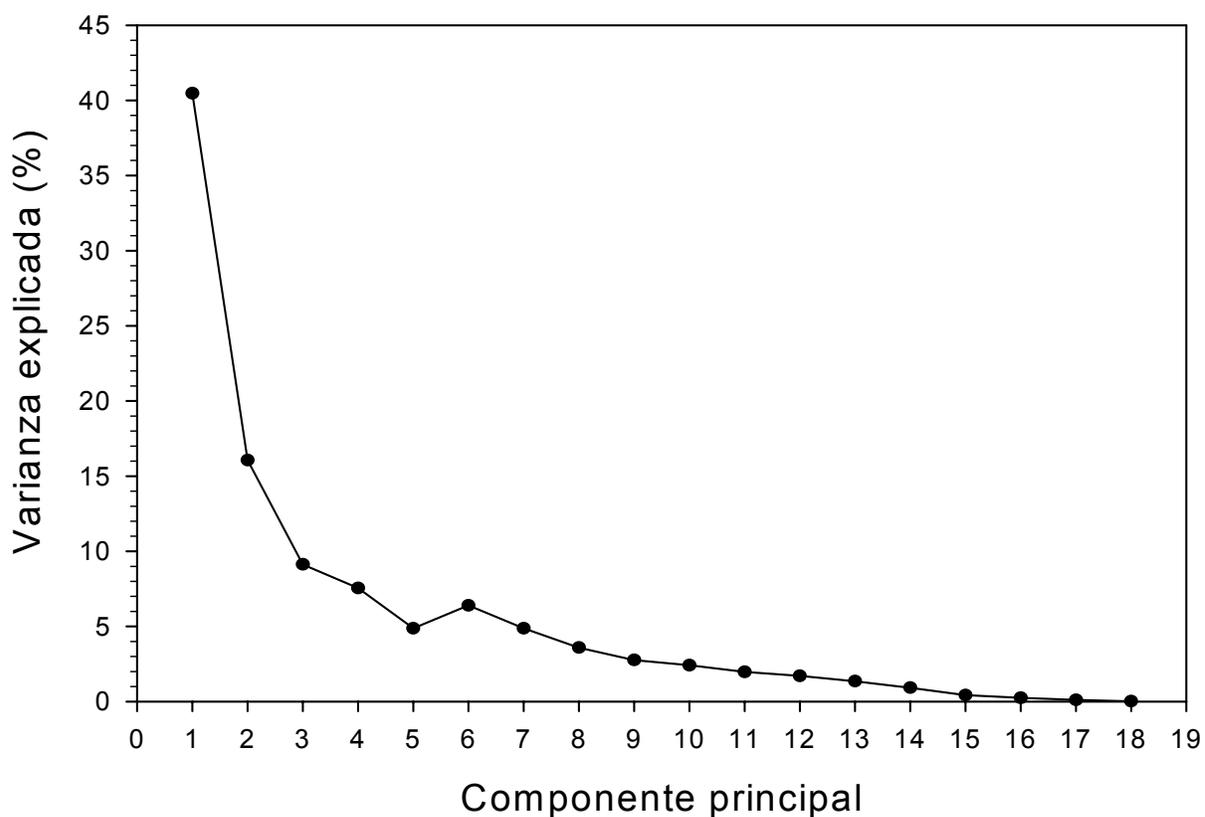


Figura 2. Varianza explicada por los componentes principales utilizando todas las variables.

El punto de inflexión en que ocurrió el contraste de caída fue en el tercer componente, por lo cual la suma de los tres primeros componentes explicó el 65.66% de la variación (Figura 2). El Componente Principal Uno es el que explicó en mayor proporción la variación existente con un valor de 40.47%, mientras que los Componentes Dos y Tres explicaron sólo el 16.06 y 9.12%, respectivamente.

Las variables que más se relacionan con el Componente Principal Uno son las variables dasométricas como; altura total, diámetro a 1.30 m, diámetro a la base y el volumen de Pressler, mientras que para el Componente Principal Dos las variables más relacionadas fueron los valores de conos como son; largo del cono, ancho del cono y el producto del largo por ancho del cono. Para el Componente Principal Tres las variables con mayor relación fueron las de los crecimientos relativos tanto en altura como en diámetro 1992-1994 (Cuadro 2).

Al procesar nuevamente los datos con las nueve variables que más se correlacionaron con el primer procesamiento se encontró que por segunda ocasión tres componentes explicaron el 88.15% de la varianza, siendo el Componente Principal Uno el que explicó la mayor parte de esta varianza con un valor de 43.62%, mientras que los Componentes Dos y Tres explicaron el 27.79 y 16.74% respectivamente. El resto de los componentes explicaron la varianza en menor proporción (Figura 3).

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de todas las variables con los tres primeros componentes que explicaron el 65.66% de la varianza en el ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. establecido en el CAESA, Arteaga, Coah.

Variables	Componentes principales		
	1	2	3
Altura total	0.33	-0.13	-0.10
Diámetro a 1.30 m	0.36	-0.04	-0.07
Diámetro a la base	0.35	-0.05	-0.06
Crecimiento relativo en altura 1992-1994	0.10	0.10	0.69
Crecimiento relativo en diámetro 1992-1994	0.13	0.12	0.64
Volumen de Pressler	0.35	0.02	-0.07
Diámetro de copa	0.31	-0.04	-0.04
Diámetro de ramas (promedio)	0.29	-0.01	0.09
Ángulo de ramas	-0.13	0.07	-0.12
Rectitud	0.03	0.11	0.06
Número de verticilos	0.26	-0.12	-0.11
Número de ramas	0.29	-0.15	-0.04
Ramas por verticilo	0.18	-0.13	0.08
Número de conos	0.27	0.10	-0.10
Largo de conos	0.08	0.53	-0.15
Ancho de conos	0.08	0.51	-0.03
Largo * ancho de cono	0.09	0.57	-0.11

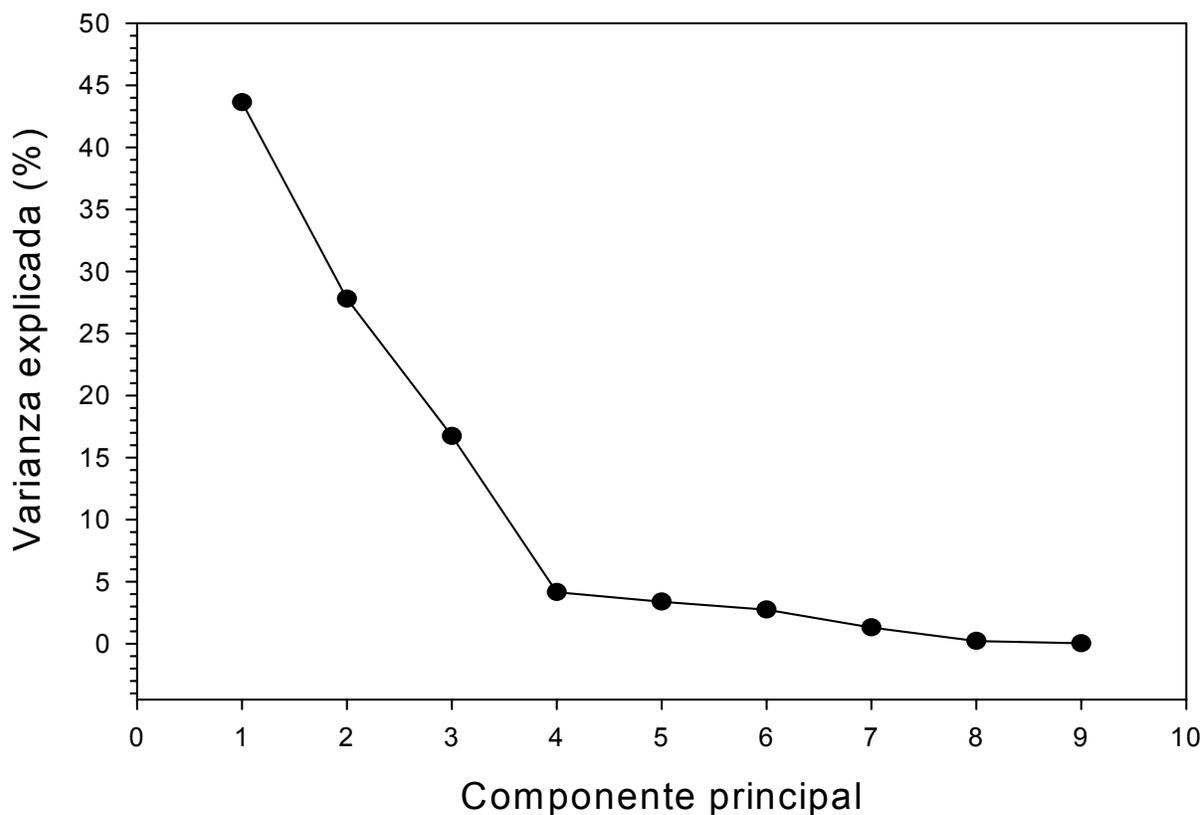


Figura 3. Varianza explicada por los componentes principales utilizando las nueve variables que más se correlacionaron.

Con el segundo procedimiento se encontró que los valores de correlación de las variables del Componente Principal Uno se incrementaron, mientras que las variables que más se correlacionan con el Componente Principal Dos disminuyeron aunque en menor proporción. De manera similar las variables asociadas al Componente Principal Tres también incrementaron su correlación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficientes de correlación de las nueve variables con tres Componentes Principales que explicaron el 88.15% de la varianza en el ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. establecido en el CAESA, Arteaga, Coah.

Variables	Componentes principales		
	1	2	3
Altura total	0.40	-0.25	-0.12
Diámetro a 1.30 m	0.47	-0.20	-0.10
Diámetro a la base	0.45	-0.20	-0.09
Crecimiento relativo en altura 1992-1994	0.15	0.06	0.70
Crecimiento relativo en diámetro 1992-1994	0.21	0.05	0.65
Volumen de Pressler	0.46	-0.15	-0.09
Largo de conos	0.22	0.50	-0.15
Ancho de conos	0.19	0.51	-0.04
Largo * ancho de cono	0.22	0.56	-0.12

Análisis de agrupamiento

Al realizar la comparación de los seis métodos de agrupación que se hicieron para el análisis por agrupamiento se encontró que el método que mejor agrupaba los árboles de acuerdo a sus características fue el Ward pseudo con cuatro grupos, de acuerdo a los valores más altos del CCC = -6.0 y de la pseudo F con un valor de 60.6.

Para determinar donde se encontraban los grupos de acuerdo a los componentes principales se realizó la combinación del análisis de componentes principales con el análisis por agrupamiento (Figura 4).

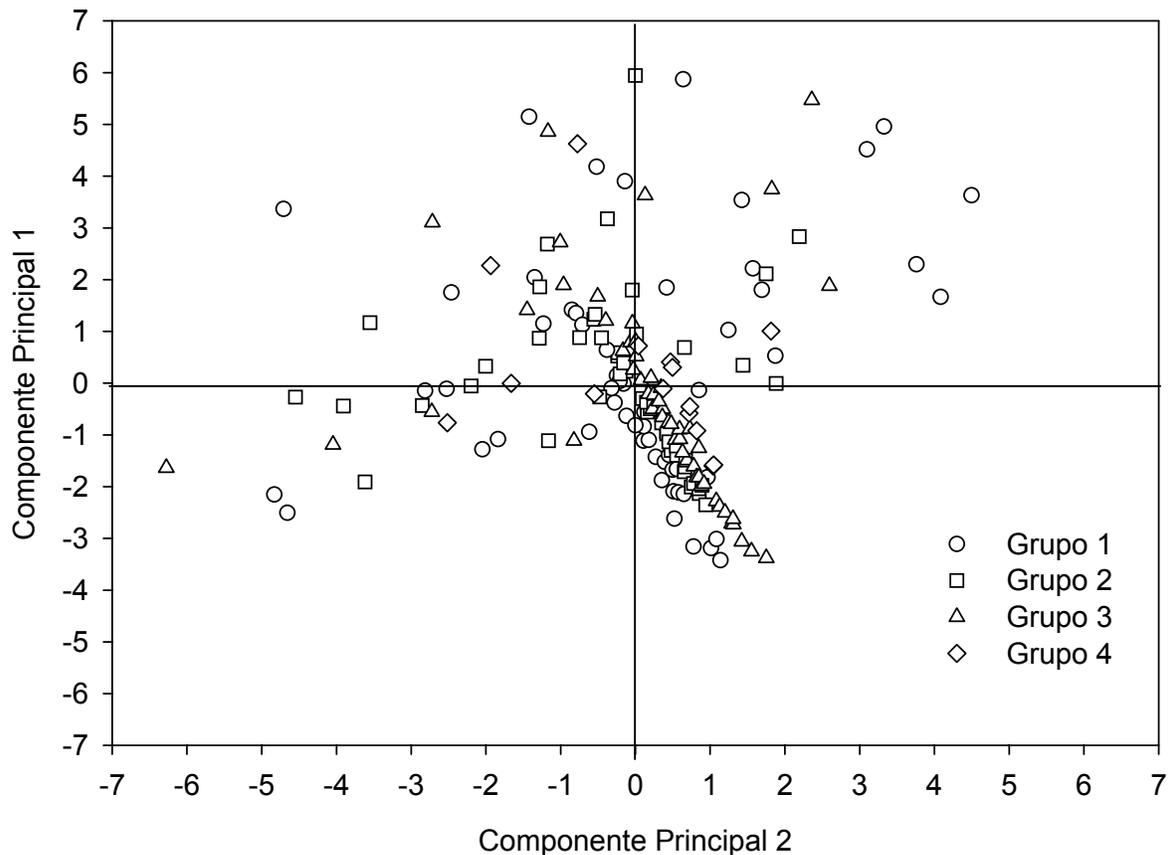


Figura 4. Componentes Principales 1 y 2 que corresponden a las variables dasométricas y a las variables de conos en los cuatro grupos con el análisis de agrupamiento.

El Componente Uno que está relacionado con las variables dasométricas altura total, diámetro normal, diámetro a la base y volumen de Pressler y el Componente Dos que se relaciona con las variables largo y ancho del cono así como el producto de estas dos variables fueron los que se asociaron y diferenciaron mejor (Figura 4), en contraste con las graficas del Componente Principal 2 con el Componente Principal 3 (Apéndice 2) y Componente Principal 3 con el Componente Principal 1 (Apéndice 3). Al combinarse el análisis de componentes principales con el análisis de agrupamiento (Figura 4) los árboles se presentan en cuatro grupos (Cuadro 4).

El grupo uno es el que más árboles tiene, está constituido por 57 árboles los cuales son de menor tamaño y menores crecimientos relativos, teniendo un coeficiente de variación más alto en las variables dasométricas y en los crecimientos relativos tanto en altura como en diámetro. En este grupo el mayor coeficiente de variación ocurrió en el diámetro normal. Mientras que el coeficiente de variación de las variables de los conos tuvo los menores valores debido a que en este grupo son pocos los árboles que tienen conos (Cuadro 4).

El grupo dos se constituye por 53 árboles que son de mayor tamaño y crecimientos relativos que los de el grupo uno, el crecimiento relativo en altura tiene mayor variación, en este grupo también se incrementa el coeficiente de variación para las variables de conos ya que son poco mas los árboles que tienen conos en comparación con el grupo uno

El grupo tres está formado igual que el grupo dos por 53 árboles, pero está mas diferenciado ya que en este grupo se encuentran los árboles de mayor tamaño pero con crecimientos relativos tanto en altura como en diámetro menores que el segundo grupo; también en este grupo el coeficiente de variación es mayor en las variables de conos debido a que en este grupo la mayoría de los árboles tienen conos, de igual forma el coeficiente de variación es mayor para el crecimiento relativo en altura al igual que en los otros grupos.

Cuadro 4. Valores de las variables dasométricas, del crecimiento relativo en altura y diámetro y de conos para cada grupo.

Variable	Grupo 1				Grupo 2			
	n	Promedio	C. V. (%)	E. E.	n	Promedio	C. V. (%)	E. E.
Altura total (m)	57	3.81	21.21	0.11	53	4.59	14.99	0.09
Diámetro normal (cm)	57	4.35	33.38	0.19	53	5.95	16.89	0.14
Diámetro a la base (cm)	57	7.38	31.47	0.31	53	9.70	17.83	0.24
Crecimiento relativo en altura 92-94	44	0.44	31.66	0.02	45	0.70	21.82	0.02
Crecimiento relativo en diámetro 92-94	44	0.59	18.35	0.02	45	0.82	15.32	0.02
Largo de conos (mm)	6	92.38	4.89	1.85	11	92.63	10.29	2.87
Ancho de conos (mm)	6	37.54	1.75	0.27	11	37.89	6.82	0.78

Variable	Grupo 3				Grupo 4			
	n	Promedio	C. V. (%)	E. E.	n	Promedio	C. V. (%)	E. E.
Altura total(m)	53	5.83	11.48	0.09	15	5.37	11.21	0.15
Diámetro normal (cm)	53	9.65	18.89	0.25	15	7.31	10.08	0.20
Diámetro a la base (cm)	53	14.48	12.59	0.25	15	11.35	14.50	0.42
Crecimiento relativo en altura 92-94	44	0.60	28.67	0.03	14	0.53	32.62	0.05
Crecimiento relativo en diámetro 92-94	44	0.78	18.64	0.02	14	0.65	22.53	0.04
Largo de conos (mm)	41	96.36	10.42	1.57	15	75.19	10.84	2.10
Ancho de conos (mm)	41	38.72	8.12	0.49	15	33.04	7.27	0.62

n = número de árboles C.V. (%) = coeficiente de variación E.E. = error estándar

El grupo cuatro está constituido por 15 árboles siendo el que menor número de árboles tiene, éstos son de menor tamaño y crecimientos relativos inferiores que los del grupo tres pero superiores a los del grupo uno y dos teniendo la variación más alta que el resto de los grupos en los crecimientos relativos tanto en altura como en diámetro siendo similar a la variación encontrada en el grupo uno.

Al realizar la validación en campo se pudo constatar que los árboles se separaban en cuatro grupos. En el grupo uno se encontraron los árboles más pequeños, mientras que en el grupo dos los árboles eran superiores a los del grupo uno y que los árboles de los grupos tres y cuatro eran parecidos entre ellos, siendo los árboles del grupo tres los de mayor tamaño y los que más conos tenían en comparación con los árboles del resto de los grupos.

La mortalidad que ha ocurrido en el ensayo dejó espacios muy grandes en la parte central de la plantación, por lo que es necesario dejar árboles sin importar a cual grupo pertenezcan con el fin de proteger los árboles que se van a dejar para producción de semilla.

Actualmente, en la plantación quedan solo 178 árboles en pie de los 351 que se plantaron y 42 árboles de protección de los 98 que se plantaron en un principio representando una densidad de 1595 árboles ha^{-1} de los cuales el 32% pertenece al grupo uno, 30% para el grupo dos al igual que para el grupo tres y sólo el 8% corresponde al grupo cuatro, el área basal por hectárea es de 6.085 m^2 de la cual 0.7307 m^2 pertenece al grupo uno, 1.3205 m^2 al grupo dos, 3.4723 m^2 para el grupo tres y 0.5615 m^2 para el grupo cuatro, quedando claramente marcado el grupo tres, ya que es en que se encuentran los árboles de mayor tamaño (Figura 5).

Simulación de aclareos

Al realizar la primera simulación se eliminarán 41 árboles del grupo uno dejando 16 árboles de este grupo en los espacios abiertos para proteger contra los vientos a los árboles que quedan en pie, de esta forma se elimina el 23.03% del total de la población (Figura 6). Debido a que son los árboles de menor tamaño ya que serán los primeros en eliminarse se considera realizar un aclareo, por lo bajo para comenzar a proporcionar un mayor espaciamiento a los árboles en pie.

Para la simulación del segundo aclareo se eliminaron 40 árboles del segundo grupo dejando 13 árboles de este grupo para protección eliminando de esta forma el 22.47% (Figura 7). En esta simulación también se pretende que el aclareo realizado sea por lo bajo y de esta forma eliminar a los árboles inferiores.

Para la tercera simulación se eliminan todos los árboles de la línea de protección, 29 de los grupos uno y dos que se habían dejado para protección y 29 árboles de los grupos tres y cuatro eliminando así el 32.58% quedando sólo 39 árboles para la producción de semilla considerando el espaciamiento y dejando los mejores árboles (Figura 8). Para esta simulación el tipo de aclareo sería por el método de aclareo geométrico, ya que se considera el espaciamiento dejando los mejores árboles para la producción de semilla.

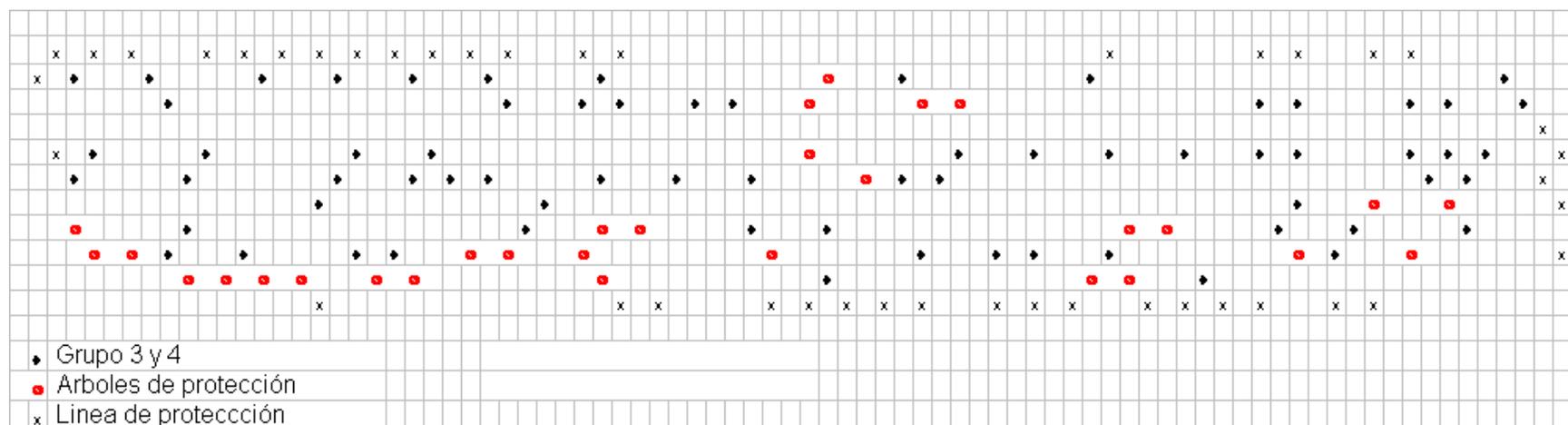


Figura 7. Simulación del segundo aclareo utilizando un aclareo por lo bajo para eliminar los árboles inferiores del grupo dos.

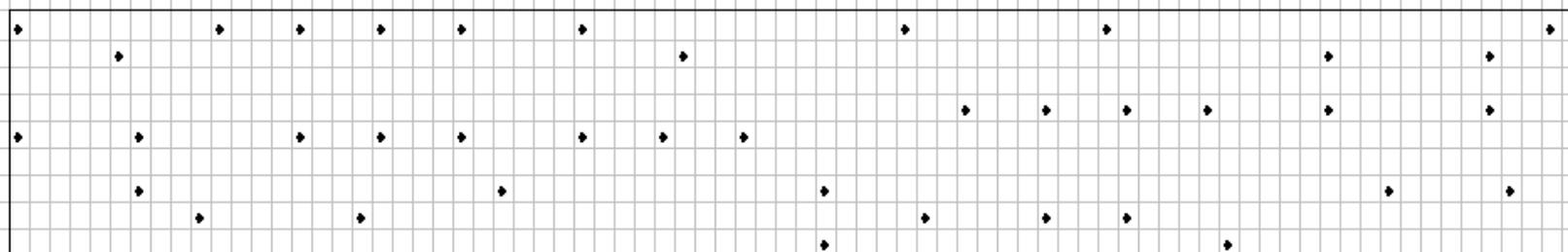


Figura 8. Simulación del tercer aclareo utilizando un aclareo geométrico eliminando árboles de los grupos uno, dos, tres y la faja de protección considerando su espaciamiento y distribución.

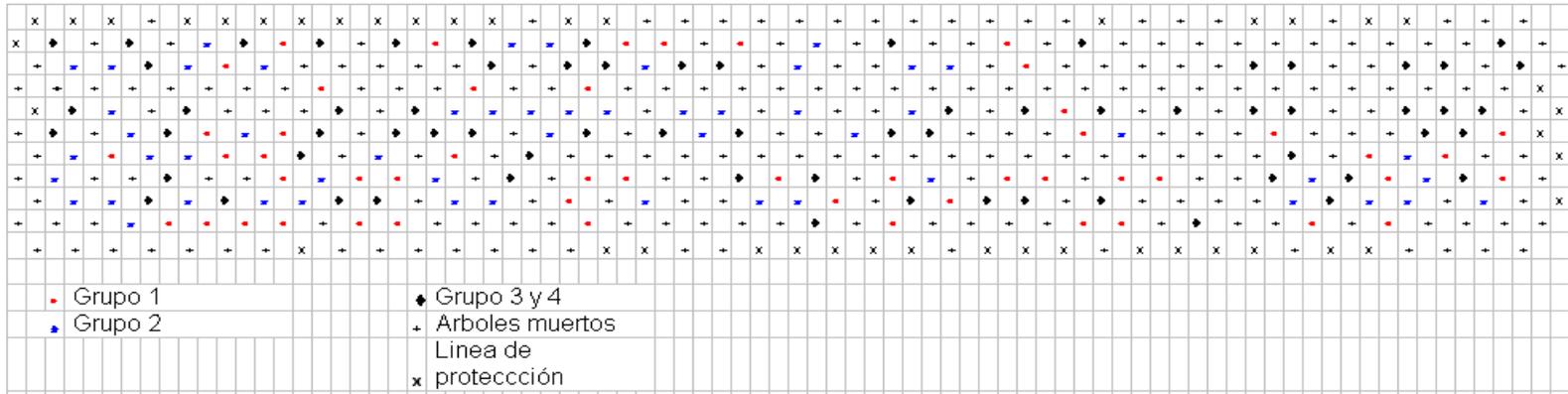


Figura 5. Croquis del ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. establecido en el CAESA, Los Lirios, Arteaga, Coah.

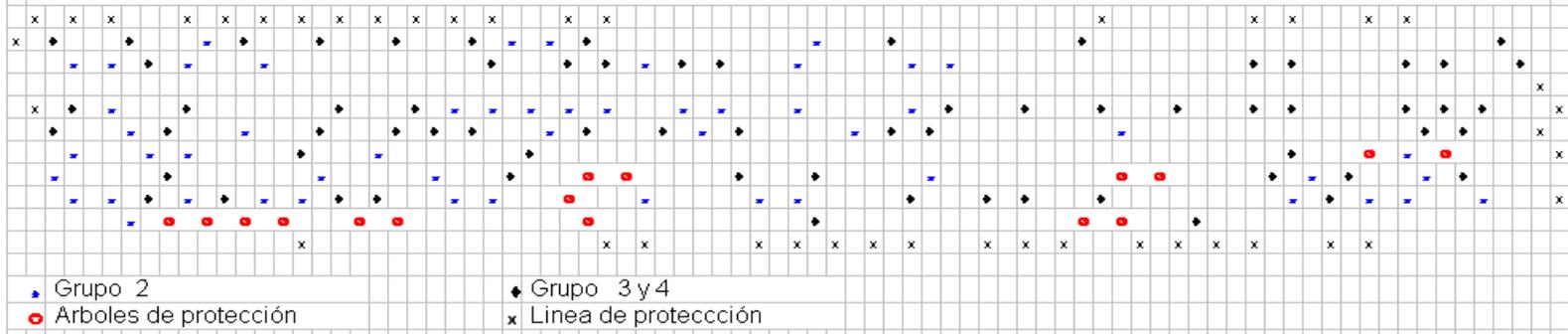


Figura 6. Simulación de primer aclareo utilizando un aclareo por lo bajo para eliminar los árboles inferiores del grupo uno

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se realizó la simulación de aclareos dentro de la plantación con los cuales se pretende dar un espaciamiento suficientemente amplio a los árboles para fortalecer el completo desarrollo de las copas y permitir el fácil movimiento del equipo para la cosecha de conos; además de eliminar los árboles de borde para evitar la contaminación de polen procedente de árboles no deseados y que toda la copa reciba luz solar por lo menos medio día, mientras que para el establecimiento de una área semillera las características para la selección del arbolado debe tener como resultado un valor económico en el producto final y estas características pueden ser velocidad de crecimiento, forma y rectitud del fuste, gravedad específica de la madera, longitud de las fibras, resistencia a plagas y enfermedades y producción de resinas, entre otras; en este caso el valor del producto final es la obtención de semilla (Faulkner, 1975 y Patiño y Villarreal, 1976).

Ladrach (1977) mencionan que para el establecimiento de un huerto semillero por propagación asexual en la finca La Arcadia, en la altiplanicie de Popayán; las características utilizadas en la selección de los árboles de *Cupressus lusitanica* Mill fueron son la resistencia a plagas y enfermedades, volumen del árbol, rectitud del fuste, forma de la copa y calidad de la madera; mientras que en este trabajo para la selección del arbolado para el establecimiento de un área semillera, se utilizó la altura total, diámetro normal, diámetro a la base, crecimiento relativo en altura y diámetro, largo de conos, ancho de conos, el producto de estas dos variables y el volumen de Pressler.

El ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. Establecido en el CAESA se pretende convertir a un área semillera para obtener semilla genéticamente mejorada, de origen conocido ya que los ensayos de procedencia son altamente efectivos para obtener buena adaptabilidad al clima, altitud y suelos; y obtener una ganancia genética substancial (Clausen, 1990b).

En un rodal semillero se hace la selección de los mejores fenotipos para convertirlo a área semillera eliminando los árboles dominados a través de aclareos removiendo el suelo y la vegetación arbustiva para eliminar competencia, fertilizando y controlando el pastoreo así como protegiéndolo con brechas cortafuego (Clausen, 1990c). En el presente trabajo la conversión de un ensayo de procedencias a área de producción de semilla también se le realizará las mismas labores para la selección del arbolado, ya que en el rodal semillero la selección se hace de acuerdo a las características fenotípicas, y estas características también se consideraron para las simulaciones en este trabajo.

Por su parte, Fabricas de Papel Tuxtepec estableció una área semillera en una plantación de *Pinus caribea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en La Sabana, Oax. en la cual aplicó cuatro etapas de aclareo dejando una densidad de 134 árboles ha⁻¹ en la cual el arbolado para producción de semilla se seleccionó por sus características fenotípicas de dominancia en altura y diámetro con respecto a sus vecinos, rectitud del fuste, características de la copa como conicidad y abundancia de ramas, ángulo de inserción de ramas y árboles libres de plagas y enfermedades, además del espaciamiento (Galeote *et al.* 1993). En este trabajo se midieron estas mismas variables excepto la conicidad de las copas y que estuvieran libres de plagas y enfermedades porque en el momento de medición la plantación se encontraba libre de estas y el espaciamiento se dio considerando la distribución del arbolado dentro de la plantación.

Smith *et al.* (1996) mencionan que en el aclareo por lo bajo los árboles removidos son los de clases de copas inferiores para el primer aclareo y sucesivamente en las clases de copas mayores por lo cual se considera que para la simulación del primero y segundo aclareo se haría un aclareo por lo bajo ya que primeramente se eliminan los árboles inferiores en la primera simulación y de igual forma en el segundo, mientras que en la tercera simulación el aclareo sería por el método geométrico en el que considera el espaciamiento entre el arbolado.

Azamar *et al.* (2000) realizaron la conversión de un ensayo de procedencias y progenies de *Pinus greggii* a huerto semillero en los terrenos de conjunto CODAGEM en el Municipio de Metepec, Méx., a ocho años de establecida la plantación en la cual la selección del arbolado para producción de semilla se hizo eligiendo los mejores individuos dentro de las mejores familias de acuerdo al volumen y con base en características del árbol como rectitud, grosor y número de ramas. En un principio el ensayo de procedencias tenía una densidad de 1665 árboles ha⁻¹ y al realizar la conversión a huerto semillero quedó una densidad de 339 árboles ha⁻¹. En el presente trabajo se tenía una densidad de 3145 árboles ha⁻¹, al realizar la simulación de los aclareos para la conversión a área de producción de semilla se pretende dejar una densidad de 349 árboles ha⁻¹, sólo 10 árboles más que en el ensayo comparado

Farfán *et al.* (2002) evaluaron las variables altura, diámetro a la base y diámetro a 1.30 metros a 13 años de establecida una plantación para la selección temprana de *Pinus ayacahuite* Ehren. var *ayacahuite* en Zacualpan, Ver., encontrando una alta correlación de la altura con el diámetro a la base y con el diámetro a 1.30 m, concluyendo que se puede utilizar a los 13 años cualquiera de las tres variables para la selección en esta especie, siendo más preferible utilizar el diámetro a 1.30 por su mayor facilidad de medición y precisión. De igual forma en este trabajo se encontró una alta correlación con las variables dasométricas, en las que entran estas tres variables aparte del volumen de pressler por lo se prefirieron en la selección para la simulación de los aclareos.

Zas *et al.* (2004) utilizaron el crecimiento relativo en altura como parámetro de selección temprana de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. en un ensayo de procedencias en siete sitios al norte de España utilizando 89 procedencias en dicho ensayo midieron la altura total a diversas edades entre los 2 y 18 años y por medio de regresiones lineales encontraron un alto valor de correlación entre la procedencia y la edad en distintos sitios por lo cual sugieren que es factible utilizar el crecimiento relativo en altura como una variable de selección temprana para esta especie y en esos sitios. En el presente trabajo también se utilizó el crecimiento relativo en altura y se obtuvo una alta correlación con los componentes principales, por lo cual se considera como una de las variables a utilizarse en la selección del arbolado para realizar la simulación de los aclareos.

LITERATURA CITADA

- Azamar, O. M., J. López U, J. J. Vargas H. y A. Plancarte B. 2000. Evaluación de un ensayo de procedencias-progenie de *Pinus greggii* y su conversión a huerto semillero. *In: Memorias del primer Congreso Nacional de Reforestación*. SEMARNAP – Colegio de Postgraduados Montecillo, Edo. de México. 9 p.
- CETENAL (1976). Carta Geológica. San Antonio de las Alazanas. G14 C35. Escala 1:50,000. México.
- CETENAL (1977). Carta Edafológica. Arteaga G14 C34. Escala. 1:50,000. México.
- Clausen, K. E. 1990a. Producción de semillas forestales genéticamente mejoradas. *In: Memoria Sobre Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales* Eguiluz P, T. y A Plancarte B (Editores). Chapingo, México. pp. 78-88.
- Clausen, K. E. 1990b. Métodos de mejoramiento forestal. *In: Memoria sobre mejoramiento genético y plantaciones forestales*. Eguiluz P, T. y A. Plancarte B. (Editores). Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp. 24-27.
- Clausen K. E. 1990c. Métodos de mejoramiento forestal. *In: Memoria sobre mejoramiento genético y plantaciones forestales*. Eguiluz P, T. y A. Plancarte B. (Editores). Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp. 42-50.
- Comisión nacional del agua (CONAGUA). 2001. Departamento de hidrología operativa. Precipitación y Temperaturas de la Estación Meteorológica de San Antonio de Las Alazanas, Arteaga, Coahuila.
- Daniel, T. W., J. A. Helms y F. S. Baker 1982. Principios de Silvicultura. McGraw-Hill. México, D.F 492 p.

- Farfán V., E. G., J.J. Mata, J. López U., J.J. Vargas H. y C. Ramírez H. 2002. Parámetros genéticos y eficiencia de las selección temprana en *Pinus ayacahuite* Ehren var. *ayacahuite*. Revista Fitotecnia Mexicana. 25(3):239 – 246.
- Faulkner, R. 1975. Seed orchards. Forestry Commission Bulletin 54. London. 149 p.
- Fischer, M. 1993. El tratamiento silvícola. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares. 89 p.
- Galeote R., M. A., S. Valencia M. y R. Benítez T. 1993. Establecimiento de un área semillera de *Pinus caribea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. en la plantación de La Sabana, Oax. Fábricas de Papel Tuxtepec, S.A. Nota Técnica No. 3. Tuxtepec, Oax. 7 p.
- García, E. 1987. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México. 245 p.
- INEGI (1999) Carta topográfica. Arteaga. G14 C34. Escala 1:50,000. México.
- INEGI (2000) Carta topográfica. San Antonio de las Alazanas. G14 C35. Escala 1:50,000. México.
- Ladrach, W., M. Gutiérrez, P. Arboleda y M. H. García. 1977 Establecimiento de un huerto semillero de *Cupressus lusitanica* Mill Informe de Investigación No. 25 Smurfit Cartón Colombia S.A. Investigación Forestal. Cali, Colombia. 16 p.
- Montoya O., J, M. 1996. La poda de los árboles forestales. 3ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa Madrid, España 86 p.

- Patiño V., F. y R. Villarreal C. 1976 Algunos conceptos para el establecimiento de áreas semilleras. *Ciencia Forestal* 1(2):16-32.
- Romahn de la Vega, C. F. 1991. *Relascopia*. Universidad Autónoma Chapingo división de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 133 p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (1983). *Carta hidrológica de aguas superficiales*. G14-7. Escala 1:250000. México.
- Smith D. M., B. C. Larson, M. J. Kelty and P.M.S. Ashton. 1996. *The practice of silviculture applied forest ecology*. Ninth Edition. John Wiley. New York U.S.A. 537 p.
- Zas, R., E. Merlo, R. Díaz y J. Fernández. 2004. Relative growth trend as early selection parameters in a Douglas-Fir provenance test. *Forest Science* 50(4):518-526.
- Zobel, B. J. y J. T. Talbert 1988. *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. Limusa. México. 545 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis de Componentes Principales de las variables dasométricas, de conos y crecimientos relativos.

```
options ls=80 ps=60 pageno=1;
data bucio;
infile 'C:\Documents and Settings\ELADIO CORNEJO\My Documents\Enrique Bucio
Zamudio\codig.dat';
input id $ altu diam13 diambase cralt42 crdia42 vopres diamcopa diaram anguram
recti noverti noramas ramvert noconos larcono ancono
      laancon;
```

```
proc princomp data=bucio out=hola2 noprint;
var altu diam13 diambase cralt42 crdia42 vopres larcono ancono laancon;
run;
```

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

```
proc print;
id id;
var prin1 prin2 altu diam13 diambase vopres larcono ancono laancon;
run;
```

```
proc plot data=hola2;
plot prin1*prin2=id / vref=0 href=0 hpos=60 vpos=40;
plot prin1*prin3=id / vref=0 href=0 hpos=60 vpos=40;
plot prin2*prin3=id / vref=0 href=0 hpos=60 vpos=40;
run;
```

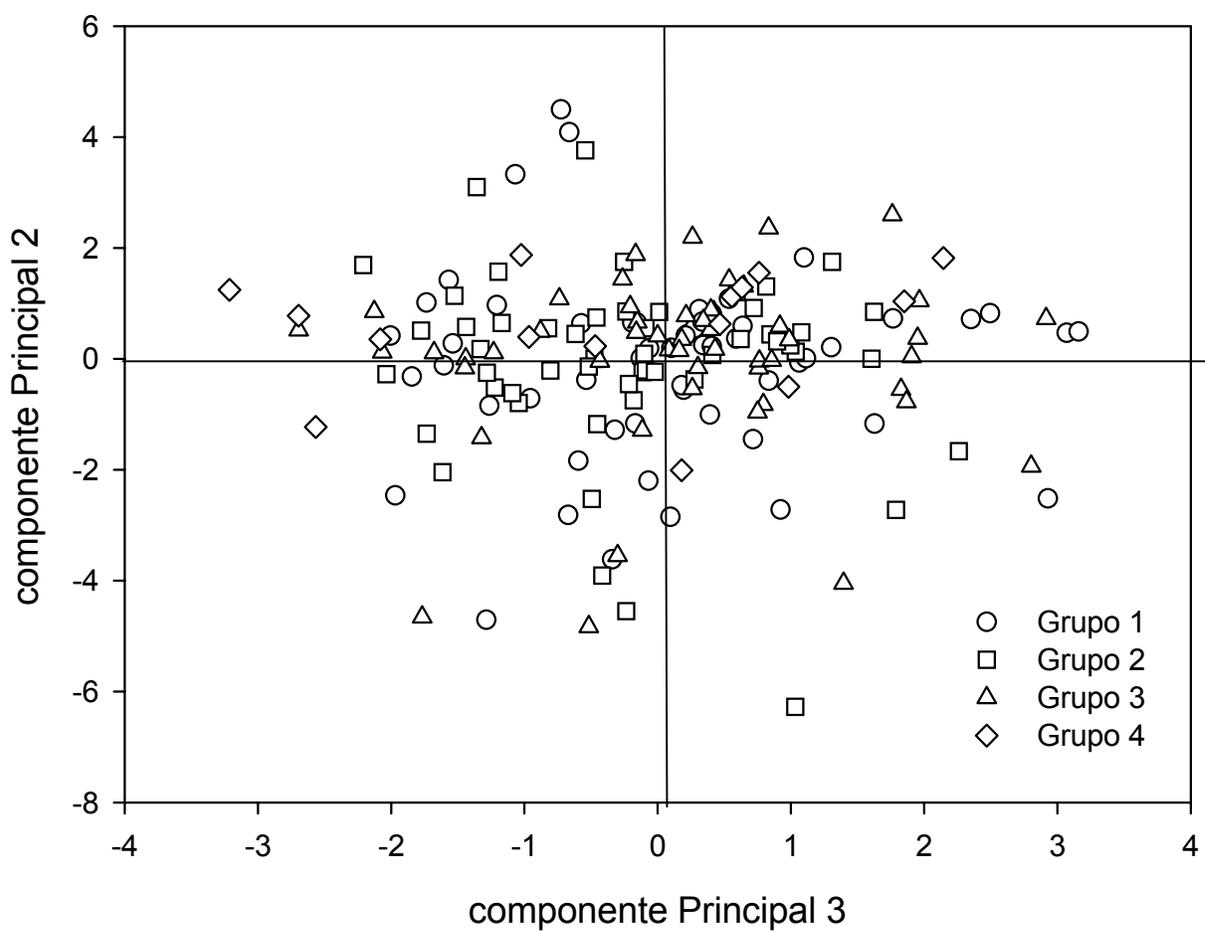
```
proc sort;
by prin2;
```

```
proc print;
id id;
var prin1 prin2 altu diam13 diambase cralt42 crdia42 vopres larcono ancono
laancon;
run;
```

```
proc sort;
by prin3;
```

```
proc print;
id id;
var prin2 prin3 altu diam13 diambase cralt42 crdia42 vopres larcono ancono
laancon;
run;
```

Apéndice 2. Componentes principales que corresponden a las variables de conos (Componente Principal2) y crecimientos relativos en altura y diámetro (Componente Principal 3) en los cuatro grupos.



Apéndice 3. Componentes principales que corresponden a las variables de dasométricas (Componente Principal 1) y crecimientos relativos en altura y diámetro (Componente Principal 3) en los cuatro grupos.

