



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
" I Z T A C A L A "

**ESTUDIO DE VARIACION MORFOLOGICA Y DE LA
GERMINACION EN 4 PROCEDENCIAS DE
Pinus greggii Engelm.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGIA
P R E S E N T A :
MONICA MALAGON LUNA

DIRECTOR Y ASESOR DE TESIS:
BIOLOGO: FELIPE NEPAMUCENO MARTINEZ

MEXICO, D. F.

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
OBJETIVOS	7
Generales.	
Específicos.	
ANTECEDENTES	
Biosistemática de <u>Pinus greggii</u> .	11
Ecología general de <u>Pinus greggii</u> .	13
Variación genética.	16
Variación morfológica.	22
Germinación y variación.	31
METODOLOGIA	
Recolección de muestras.	43
Evaluación de hojas, conos y semillas.	47
Extracción de semillas.	50
Evaluación de la germinación.	53
Procedimiento estadístico.	55
RESULTADOS	
Características de hojas.	58
Características de conos y semillas.	62
Características de la germinación.	69
DISCUSION GENERAL	74
CONCLUSIONES	89
SUGERENCIAS	90
LITERATURA CITADA	91
ANEXOS	98

Al creador de la vida.

A mis queridos padres Ma. Hilda e Ignacio por la fé y confian
za depositada en mí, por su cariño, comprensión y ayuda.

A mi esposo Carlos por el gran amor, estímulo y apoyo que me
ha brindado en todo momento de mi formación profesional.

A mi hijo César Alejandro para que con tu diario esfuerzo lo-
gres plasmar los anhelos del corazón y alcances tu superación.

A mis hermanos Jesús Ignacio, Ma. Hilda y Miguel para que si-
gamos unidos.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Biol. Felipe Nepamuceno Martínez por su paciencia y amabilidad para dirigirme esta tesis.

Al Ing. Francisco Camacho Morfín y al Departamento de Estadística y Cálculo por la asesoría en el análisis estadístico.

A la Biol. Ma. del Pilar de la Garza L. por su desinteresado apoyo.

Al personal de Laboratorio de Semillas por su participación en la recolección del material utilizado para este trabajo y su colaboración en la realización del experimento.

Al Centro de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Agropecuarias del Distrito Federal (CIFAP D.F. - INIFAP) por haberme permitido realizar esta investigación, la cual formó parte del Proyecto de Germoplasma Forestal (Red de Mejoramiento - Genético y Plantaciones).

Al honorable jurado por sus correcciones y sugerencias en la revisión del escrito.

En general al pueblo de México porque mediante sus impuestos es posible sostener las Instituciones Educativas.

RESUMEN

Se realizó un estudio de variación de caracteres-morfológicos y del comportamiento de las características de germinación en 4 poblaciones naturales de Pinus greggii Engelm que se ubican en todo el rango de distribución de la especie. Para tal efecto se analizaron las características de hojas, conos y semillas evaluando los siguientes parámetros de germinación: capacidad germinativa, velocidad germinativa, uniformidad germinativa y valor germinativo. El objetivo principal que se planteó, fué determinar el patrón de variación de las características morfológicas y del comportamiento en la germinación. Para tal fin, se determinaron los componentes de variación debido a las poblaciones y a los árboles dentro de las poblaciones. Cuando fué necesario se aplicó la prueba de Tukey para obtener las agrupaciones de poblaciones y árboles dentro de poblaciones.

La germinación se llevó a cabo en condiciones controladas de humedad, fotoperíodo y temperatura bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados señalan que Pinus greggii Engelm es una especie variable a nivel poblacional; el componente de varianza en este nivel es alto en características importantes como son longitud de cono, altura de apófisis, peso de cono y longitud de hojas.

La variación de los árboles dentro de las poblaciones es restringida. Se resalta que las dos poblaciones más diferenciadas son Saltillo, Coahuila y Molango, Hidalgo.

En cuanto a las características de la germinación se destaca que la velocidad de germinación, el valor germi-

nativo y la uniformidad germinativa resultan ser extremadamente variables entre poblaciones, lo que indica la presencia de diferenciación a nivel poblacional, de la misma manera que para características morfológicas en cuanto a velocidad de germinación las poblaciones extremas son Saltillo, -- Coahuila y Molango Hidalgo con las mayores y menores velocidades germinativas.

INTRODUCCION

Los bosques naturales mexicanos representan una fuente forestal de germoplasma de enorme valor actual y potencial por la gran diversidad de especies que contienen, entre las que destacan las del género Pinus desde el punto de vista económico actual y por su papel en la vegetación (Rzedowski 1973, 1978).

Eguiluz (1982) reporta 48 especies, 2 variedades y 7 formas de este género en México, cuyos representantes se localizan en todos los estados del país, con la posible excepción de la Península de Yucatán (Rzedowski 1973, Niembro 1985).

Las condiciones ecológicas de nuestro país, particularmente la topografía y la fisiografía en general, fueron sin duda el marco adecuado para que la divergencia de poblaciones pudiera ocurrir (Montes 1978). Esta variabilidad genética de especies en particular o germoplasma, desempeña un papel muy importante dentro de la evolución y continuidad de la materia viva debido a que:

- a) Permite la conservación tanto de la variabilidad genética como del equilibrio ecológico de la población de donde se origina (Maini y Rejnathy citados por Niembro 1985).
- b) Contiene genes específicos para el posible desarrollo de estrategias de mejoramiento genético.

aquellas especies económicamente útiles (Niembro 1985).

koog 1978), con el objeto de incrementar en -
cantidad como en calidad los diversos produc--
tos del bosque.

En las últimas décadas, los bosques naturales de México han estado sometidos a fuertes presiones de carácter social, económico y técnico, lo que ha traído por consecuencia la reducción de poblaciones con la consiguiente producción limitada de semillas generándose así la pérdida acelerada de fuentes de germoplasma de numerosas especies de valor potencial o actual. Esta pérdida es particularmente ir--
quietante en las regiones en las cuales no se han llevado a cabo exploraciones botánicas y genecológicas sistemáticas, y donde la consiguiente composición de especies y la varia --
ción inter e intra específica no se conocen suficientemente como para permitir la adopción de medidas oportunas y adecuadas de conservación (Palmborg 1980).

Ante tal situación la preservación del germoplasma forestal en México se ha llevado a cabo mediante dos formas:

- In situ.- Que se basa en la preservación de especies o poblaciones en su habitat natural como son parques naturales y reservas naturales estrictas, también llamadas áreas de exclusión o reservas genéticas.
- Ex situ.- A través de bancos de semillas y plantaciones, aunque en algunos lugares se comienza a tener experiencias en el establecimiento de -
bancos de clones, jardines botánicos y arbore -
tos, así como de cultivo de células y tejidos -

in vitro (Jasso y col. 1978; Palmberg 1980).

En relación a la preservación Ex situ, actualmente las Instituciones de Enseñanza e Investigación en coordinación con los poseedores y administradores de los bosques, están uniendo esfuerzos para cubrir el Programa Nacional de Bosques y Selvas, en el que se ha emprendido la tarea de recolectar semillas de coníferas y latifoliadas con fines silvícolas e industriales (Niembro 1985). Para satisfacer las necesidades de dicho programa, se requiere entre otras cosas, un suministro continuo y abundante de semillas forestales de la mejor calidad, que se adapten a las condiciones climáticas y edáficas de los sitios de plantación.

Por lo anterior, es necesario contar con una base de apoyo que evite costosos riesgos al introducir las especies y procedencias inadecuadas en gran escala a las zonas donde vayan a efectuarse estas actividades, por lo que es importante realizar pruebas de procedencia, cuyo objetivo es determinar los componentes genéticos y ambientales de la variación fenotípica entre árboles de diferentes orígenes geográficos (Callahan 1964). El punto de partida es sin duda el estudio biosistemático de las diferentes entidades taxonómicas y el análisis de sus patrones de variación genético.

Uno de los recursos genéticos forestales importantes para propósitos de plantaciones forestales se constituye por Pinus greggii Engelm., una especie apreciada por su madera suave y de fácil trabajabilidad en construcciones livianas, así como por la presencia de características intere

santes como son su velocidad de crecimiento y su floración-precoz.

En Pinus greggii al igual que en la mayor parte - de los pinos mexicanos, se han efectuado estudios muy escasos, desconociéndose hasta el momento la variación de sus - caracteres morfológicos y fisiológicos en relación a su distribución natural así como el comportamiento de su germo---plasma en los distintos ambientes de plantación.

OBJETIVOS

En el presente estudio, que forma parte de un proyecto global sobre evaluación de recursos genéticos forestales, se propuso cubrir los siguientes objetivos:

Objetivos generales

- 1.- Determinar el patrón de variación en características morfológicas de Pinus greggii Engelm.
- 2.- Determinar el patrón de variación genético en el comportamiento de la germinación de Pinus greggii Engelm.

Objetivos específicos

- 1.- Analizar cuantitativamente la variación morfológica en acículas, conos y semillas de cuatro poblaciones naturales de Pinus greggii.
- 2.- Determinar la variación existente en características fisiológicas de la germinación de Pinus greggii Engelm : capacidad germinativa, - velocidad germinativa e índices germinativos.

Dicho proyecto continuará con el ensayo de procedencias a nivel de plántulas en donde se cubren objetivos a corto y largo plazo, así como plantaciones para la conservación genética y mejoramiento genético.

ANTECEDENTES

La diversidad de especies forestales en México, - de acuerdo a Hernández (1967) tuvo su origen cuando el territorio mexicano fué invadido por un número elevado de especies procedentes tanto del oriente como del occidente, algunas de estas especies fueron muy antiguas, semejantes a las que invadieron inicialmente Norte América procedentes de EuroAsia, mientras que otras especies aún se hallaban en proceso de diferenciación específica. Todos estos grupos de especies se encontraron con un medioambiente sumamente variable, propiciándose los procesos evolutivos de formación de especies.

El concepto de variación dentro de las especies arbóreas, se desarrolló según se fueron considerando desde un punto de vista taxonómico y biológico, a las diferentes especies forestales existentes. El reconocimiento de esta variabilidad se hizo patente, tanto a los taxónomos que recolectaban muestras vegetativas en varias localidades, así como a los forestales afectados por el movimiento de especies de una localidad a otra (Callahan 1964).

El componente de la variación total de los árboles se ha asociado con la variedad de condiciones ambientales presentes. En México existe una gama de climas que varía desde el tropical de las llanuras costeras y planicies del sur hasta templado-frío en las partes altas de las montañas del norte, habitats que se encuentran bajo modificación constante, y que han facilitado el fenómeno de la hibridación -

natural, factor importante que propicia la variación dentro de las poblaciones de pino. Dobzhansky (1975), menciona que la variación biológica es la parte complementaria de la herencia, y considera dos aspectos, uno estático o de variabilidad y otro dinámico o de proceso. La variación en el primer caso es la diversidad observable entre individuos o poblaciones dentro de una misma especie o la diversidad entre especies distintas, en el segundo caso la variación implica que el desarrollo de los individuos puede verse modificado por las influencias ambientales, y que la dotación hereditaria se puede alterar mediante la recombinación de los genes o la mutación.

La variación fenotípica de un individuo puede describirse mediante la observación exterior de sus elementos estructurales y las funciones de un organismo, es decir mediante sus diferencias morfológicas y fisiológicas externas, por consiguiente la variación total del individuo o de la población. Por otro lado la variación genotípica es aquella que está asociada a la suma total de materiales hereditarios que un individuo recibe de sus progenitores y otros antepasados (Falconer, 1978). De este modo la variación fenotípica o total que presentan las especies, es el resultado de la variación genética mas la variación causada por los factores ambientales, lo que les confiere plasticidad para adaptarse a diversas condiciones del medio (Mettler, 1972).

El estudio de la variación "dentro" y "entre" especies se realiza a través de la biosistemática y ensayos de procedencia, los cuales son una importante fuente de in-

formación básica para los programas de mejoramiento de especies forestales.

El término "procedencia" en dasonomía se refiere a una población forestal que vegeta en un lugar de origen determinado y puede referirse a plantaciones o masas nativas, pero es mas común para éstas últimas. Callahan (1964), considera que una procedencia forma parte de una raza, ecotipo, cline, subespecie o variedad que vive en una localidad.

Por otra parte Heaman(1984), señala que la procedencia describe el origen geográfico de cualquier material, refiriéndola mas usualmente como la fuente de semilla. En consecuencia un ensayo de procedencia será el estudio de la variabilidad ecológica dentro de la especie, la relación entre esa variabilidad y la influencia del medio ambiente así como las reacciones de poblaciones diferentes al desplazamiento a un medio ambiente extraño al suyo (Langlet, citado por Callahan 1964).

Una de las aplicaciones mas importantes de estos ensayos, es la determinación de aquellos orígenes de semilla que proporcionen árboles adaptados y productivos, con el objeto de poderlos utilizar en la propagación a gran escala. Generalmente estos ensayos son tardados, pero se pueden realizar estimaciones de la calidad futura de un individuo, mediante la observación de sus características juveniles (correlaciones juvenil-adulto), por lo que el lapso de evaluación de los ensayos se reduce considerablemente (Callahan, 1964).

Recientemente, los ensayos de procedencias se han combinado con el estudio de la variación entre las progenies (Ensayos de progenie- procedencias), representativas de la mayor variación existente de cada procedencia en particular, para obtener resultados a nivel inter e intrapoblacional (Wright, 1978 ; Heaman, 1984).

De acuerdo a Pryor (1963) y Callahan (1964), cuando se conoce poco o nada sobre una especie, es preferible iniciar un ensayo de procedencias con estudios biosistemáticos de ella para conocer su rango de variación, mencionando además que la realización de pruebas en ambiente regulado artificialmente, resulta útil para conocer más rápidamente el comportamiento de las diferentes procedencias.

Biosistemática de Pinus greggii *

Taxonomía. - Pinus greggii Engelm es también conocido como pino prieto en el estado de Coahuila, pino ocote o pino chino en el estado de Hidalgo y San Luis Potosí (Eguiluz 1977); en las cercanías de Galeana Nuevo León, es conocido como garabatillo, por la forma en que se colocan sus conos (Nepamuceno, 1988). Según Martínez (1948) esta especie fue denominada en honor a Josiah Gregg quien realizó algunas colecciones botánicas en el norte de México por el año de 1844, pero fue hasta 1898 que George Engelman la describió por primera vez. Martínez (1948), la incluye en la sección serotina, sin embargo Eguiluz (1978) lo ubica específicamente en el grupo patula.

Descripción.- Arbol poco resinoso de 10 a 15m. de altura, corteza lisa y grisácea cuando joven, oscura y áspera después; ramas ascendentes delgadas y colocadas irregularmente en el tallo con follaje poco denso (Eguiluz, 1978); ramillas delgadas, flexibles y rojizas con tintes grisáceos. Hojas en fascículos de tres, de 3 a 10 cm. de longitud hasta 14 cm., ásperas y derechas, ampliamente triangulares, de color verde claro brillante, bordes aserrados con denticillos muy cortos y cercanamente espaciados; estomas presentes en las tres caras; células hipodermicas con paredes delgadas, uniformes sin penetraciones dentro del tejido verde; con canales resiníferos medios, en número de 2 a 6 algunas veces con uno interno, paredes externas de las células endodérmicas delgadas, dos haces fibrovasculares cercanos pero distintos entre sí; vainas persistentes de 1.4 cm. de largo que algunas veces dan la apariencia de ser deciduas. Conillos laterales y pedunculados; conos fuertes y tenazmente persistentes, duros, sésiles, oblongo cónicos, oblicuos, algo encorvados, de color ocre, lustrosos, generalmente en pares o en grupos de 5 a 8, rara vez mas, midiendo de largo de 6 a 12cm. aunque se han consignado longitudes de hasta 15cm.; maduran a mediados de Diciembre, permaneciendo cerrados después de un tiempo considerable y posteriormente abren en forma gradual. Escamas duras y fuertes de 4 a 4.5cm de ancho con apices mas o menos redondeados, umbo ensanchado ligeramente deprimido terminando en una pequeña espina, la cual es decidua o algunas veces permanece por largo tiempo; apófisis elevadas, desigualmente desarrolladas casi planas en el lado ventral pero tumbidas (algunas veces subpiramidales) en el lado dorsal (especialmente en la mitad basal

del cono) horizontal y verticalmente quilladas; semilla -- oval y oscura de 5 a 7 mm. de largo por 3.0 de ancho y 1.9 mm. de grueso; alas café oscuras, estriadas, engrosadas - cerca de la base de unos 20 mm. de largo por 7mm. de ancho.

La madera es ligera de color blanco ligeramente - amarillento; con gravidez específica de .45 y .46 (Donahue, - 1989) * La descripción taxonómica está referida de acuerdo a Martínez (1948), Loock (1950) y Eguiluz - (1978).

Ecología general de Pinus greggii

La distribución de Pinus greggii está restringida a la Sierra Madre Oriental, entre los paralelos 20°00' a - 26°30' Lat. N. y meridianos 98°15' a 101°40' Long. W. (Fig 1). Se ha colectado y/o reportado poblaciones en los estados de Coahuila, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Puebla y Nuevo León (Martínez, 1948; Madrigal, 1967; Eguiluz 1978; -- Rzedowski, 1978; Donahue, 1989).

Ecología.-Frecuentemente forma masas puras, localizándose en laderas y cañadas semisbiertas, con exposiciones SW y SE. Se asocia con Pinus patula, P. teocote, P. cembroides, P. arizónica, Pseudotsuga sp. y Juniperus sp. ; -- ocasionalmente con Pinus pseudostrobus var. apulcensis, Liquidambar styraciflua, Platanus sp., Cupressus sp. y Quercus sp.. El rango altitudinal es de 1500 a 2700 msnm. (Din, 1958); sin embargo se han señalado intervalos de 1280 a 2550 msnm. y de 2000 a 3100 msnm. Forma masas puras, en buena calidad de estación, entre los 1500 a 2000 msnm. Se desarro--

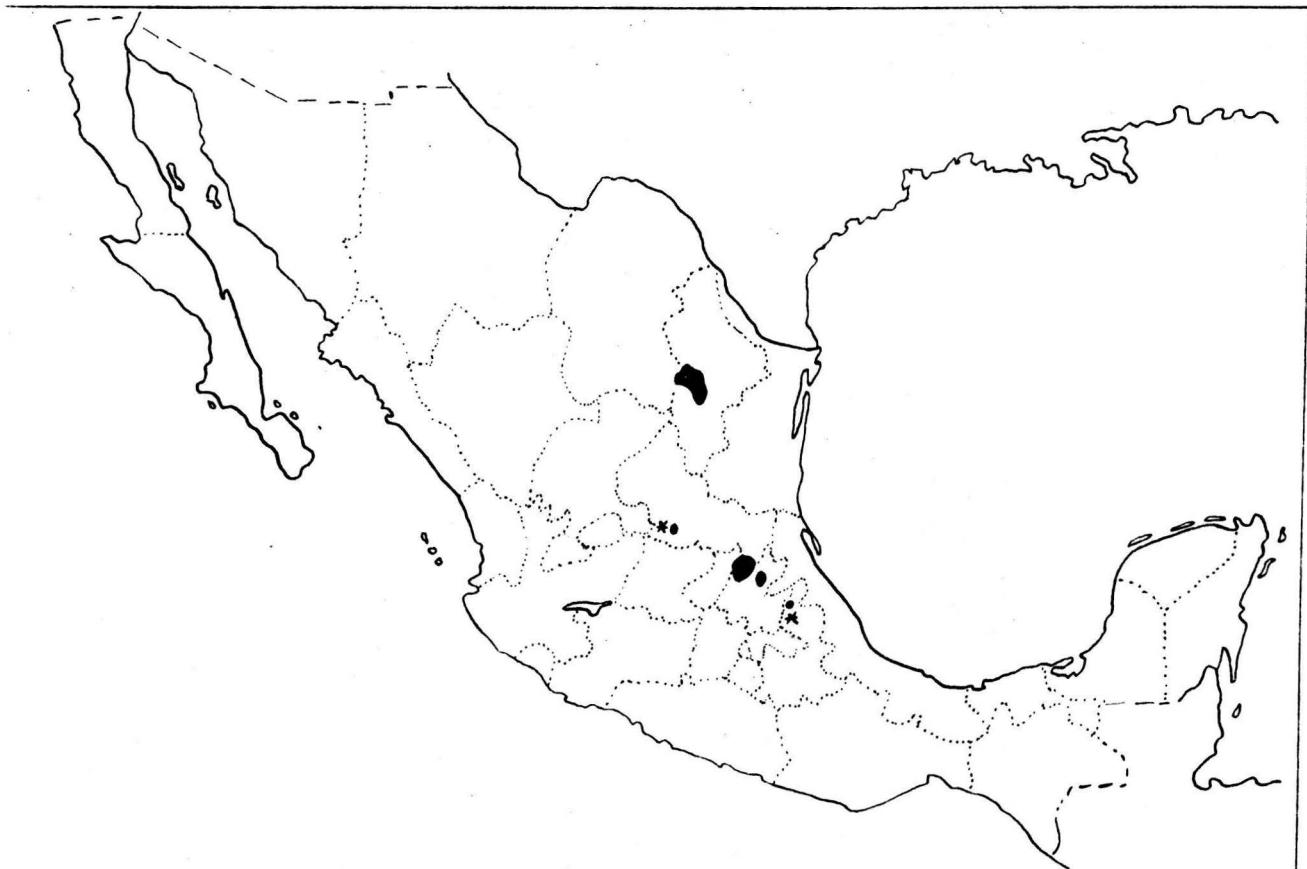


Fig. 1 Distribución natural de Pinus greggii Engelm. según Nepamuceno (1987).

* Poblaciones inciertas (extremadamente reducidas o extintas).

lla también en suelos delgados o profundos, de textura franco arenosos o arcillosos, pudiendo ser pedregosos y pobres en materia orgánica (Eguiluz, 1978; Webb 1980); con un rango de pH que va de 7.0 a 7.7 para las procedencias del norte y pH de 4.2 a 5.3 para las procedencias del centro (Donahue, 1989).

Clima.- Se localiza en regiones subtropicales, con precipitación de 500 a 2900 mm., repartidos de mayo a octubre, siendo julio y agosto los meses mas lluviosos y marzo el mes mas seco. La temperatura media anual de acuerdo a Eguiluz (1978) es de 16.8°C mientras que Webb (1980) la reporta de 10 a 15°C, con una máxima de 45°C y mínima de 9°C; siendo marzo y julio los meses mas cálidos, y diciembre y enero los meses mas fríos.

Importancia y usos.- Pinus greggii Engelm es una especie nativa de México que muestra resistencia a plagas (González, 1978), a sequía (Vargas, 1985) y a heladas (Webb, 1980), también presenta buena adaptación en suelos degradados del Valle de México (Eguiluz, 1978) de ahí que países como Italia y Sudáfrica (Loock, 1950), India (Ghosh, 1981), Argentina y Brazil (Donahue, 1989) muestren gran interés por esta especie. Eguiluz (1978) reporta que la madera de este pino se destina al aserrío en su mayor parte, usándose también para durmientes, pilotes para minas, vigas, postes para cerca y leña para combustible y que es pobre en su producción de resina. Otros usos que se le dan a esta especie son considerados por Webb (1980), (anexo 1).

Variación genética

El conocimiento de la variación genética de las poblaciones naturales es básico para iniciar el mejoramiento de árboles y ofrece buenas oportunidades para perfeccionar los programas ya existentes (Stern, 1980). La variación genética de una población es descrita por el número y frecuencia de alelos en cada locus, y el grado en que dichos alelos se organizan en combinaciones no azarosas. Una vez que las frecuencias de ciertos genotipos alcanzan su equilibrio, permanecerán constantes de generación en generación dentro de una población hasta que una fuerza evolutiva cause un cambio, si tal variación es polimórfica, la variación genética será grande, siendo proporcional al tamaño de la población en cuestión (Grant citado por Jasso, 1980).

Tales suposiciones se ven grandemente afectadas - debido a que las poblaciones forestales, a pesar de su largo ciclo vital, sufren cambios constantes, drásticos o parciales, en su constitución genética.

Los factores que determinan la variación genética (Wright, 1964; Dobzhansky, 1975) son:

a) Mutación.

Son los cambios que ocurren en el seno de los materiales genéticos. El empleo creciente de radiación atómica y productos químicos para suplir las necesidades de la humanidad, podrían alterar las tasas de mutación.

b) Recombinación.

La fuente inmediata de la variación en los genotipos es la recombinación de los alelos mutantes acumulada (oculta o potencial) que existe en los cromosomas en forma natural. La con--servación de la recombinación se consigue me--diante el entrecruzamiento, así la mezcla de - las combinaciones de genes por recombinación, - pueden generar gran número de genotipos partiedo de un número pequeño de alelos diferentes - que se encuentren en pocos loci.

c) Flujo genético.

Cuando el polen o semilla de una población migra hacia otra población, introduce nuevos alelos en el patrimonio genético de esta última, - dependiendo de la adaptabilidad de los nuevos - alelos en la población receptora, estos tenderán a expandirse o no en la población.

d) Aislamiento.

Mediante diferentes mecanismos de aislamiento, las poblaciones tienden a ser independientes - debido a la limitación o la prevención del intercambio de genes entre las mismas.

e) Selección.

La selección es quizás una de las fuerzas mas-importantes para determinar la frecuencia de - ciertos componentes génicos, ya que hace la --

discriminación en pro o en contra de ciertas características. Algunas fuerzas selectivas las ejercen la demanda de productos forestales, las prácticas y experimentaciones silvícolas, la aplicación de los métodos de mejoramiento forestal y, - los cambios en la utilización de la tierra.

La composición genética de una población, muchas veces se expresa en forma de frecuencias de genes y de genotipos. Para buscar una relación entre dichas frecuencias y - las diferencias cuantitativas que se manifiestan en características susceptibles de medirse, Falconer (1978) introduce el término de "valor", el cual se expresa en las unidades - en que se mide el carácter en cuestión.

Los valores de los individuos y las varianzas de la población (en forma de componentes de varianza) pueden disponerse análogamente por lo que la expresión fenotípica de un individuo se puede expresar en términos de varianzas, (Franklin, 1965; Dobshansky. 1975; Ditlevsen, 1980) a partir de ensayos o poblaciones experimentales por medio de la siguiente relación:

$$VP = VG + VE$$

Donde:

VP = Varianza fenotípica o del valor fenotípico -
de un caracter.

VG = Varianza genotípica o del valor genético.

VE = Varianza ambiental o de la desviación debido al medio.

La varianza genotípica a su vez se puede desglosar en tres componentes que son: aditivo, dominante y epistático.

VA = Variación aditiva o del valor reproductivo - de un individuo de una población es dos veces el valor medio de la progenie cuando el individuo se ha apareado al azar con una serie de miembros de la población.

VD = Varianza debida al carácter de dominante; manifiesta similitudes de los parientes debida a efectos independientes de los "loci" en la población que afecta la característica en -- cuestión.

VI = Varianza epistática; manifiesta los efectos de las interacciones entre dos o mas loci.

De manera que, $VP = VA + VD + VI + VE$

La variación genética de una especie puede ser estudiada a través de la evaluación en poblaciones naturales - y a través de poblaciones artificiales (ensayos de proge - nie).

El estudio de la variación natural se puede considerar bajo los siguientes niveles: variación geográfica ---

(procedencias); de localidad, individual y dentro de individuos (Zobel, 1964).

La variación geográfica, representa las diferencias fenotípicas entre árboles nativos que crecen en diferentes localidades del área de su distribución natural, donde la cantidad de variación está determinada por la extensión del área de distribución de las especies y cambios en los factores ambientales (latitud, elevación, temperatura, humedad) dentro de la misma, así como la presencia y extensión de barreras geográficas (Wright, 1976). En ocasiones las diferencias geográficas son tan grandes que las especies ameritan un reconocimiento a nivel taxonómico inferior.

La variación de localidad.-Dentro del área geográfica o procedencia se presenta en poblaciones adyacentes en las que existe un flujo de genes, la diferenciación entre las mismas puede ser débil o elevada dependiendo del grado de intercambio entre los diversos sectores de la población.

Si las masas son densas y las distancias de dispersión de polen y semillas elevadas, esas corrientes de genes es rápida; si la población está esparcida o si las distancias de dispersión de polen y de semillas son cortas, se frena la corriente de genes (Mettler, 1972).

Variación individual, se representa entre árboles pertenecientes a una misma localidad, la variación puede deberse a diferencias genéticas, especialmente en lo relativo a los rasgos de variación como forma y adaptabilidad o tam-

bién a diferencias microambientales como competencia, textura o nutrientes del suelo (Critchfield,1957).

Variación dentro de individuos.- Se representa en los individuos (dentro de árboles) de una localidad, donde existen condiciones ambientales mas o menos uniformes. Las diferencias en sus características pueden guardar relación con la posición que ocupan en el árbol, o con la edad del mismo (Critchfield,1957).

La forma y magnitud de las variaciones en los niveles anteriormente señalados, conforman la variación natural de una especie, la cual corresponde a un patrón de variación que puede ser clinal o ecotípico.

La variación genética puede ser continua o clinal cuando se manifiestan diferencias graduales en los caracteres medibles de un organismo y se encuentran asociados a un gradiente climático o geográfico. Por el contrario la variación ecotípica o discontinua que puede estar compuesta de ecotipos o razas se caracteriza por los cambios bruscos en una o varias características de una población a otra (De la Loma,1985; Callahan,1964; Wright,1964).

La determinación de uno u otro tipo de variaciones difícil ya que las discontinuidades pueden pasar inadvertidas, o pueden pasarse por alto poblaciones con características que se alejan, en forma significativa, de los valores medios. La presencia o ausencia de ambos tipos de variación se encuentra sujeta a la interpretación de cada investiga -

dor, dado que las diferencias entre ellas se pueden observar en forma gradual.

Lawontin y Dobzhanski (citados por Quintanar, 1985), sostienen que la variación clinal puede desarrollarse después de una selección inicial disruptiva en base a la población que está migrando desde el centro de origen de la especie, seguida por una selección estabilizadora y un intercambio de genes entre poblaciones adyacentes a la distribución de la especie. La variación ecotípica la reconocen como el resultado de una selección disruptiva dentro de poblaciones donde los habitats son discontinuos y de una selección estabilizadora dentro de subpoblaciones. Por lo tanto los autores consideran que las variaciones clinales y discontinuas no difieren cualitativamente y que son similares en su forma de variación genética adaptativa, pero que difieren en los mecanismos evolutivos fundamentales, los que dependen principalmente de la distribución de los nichos (en tiempo y espacio) así como las diferencias relativas en los coeficientes de selección de los alelos y de la tasa de migración.

Variación morfológica

Los estudios de variación en caracteres morfológicos pueden ser realizados a través del uso de técnicas cuantitativas, dentro de dichas técnicas, la biosistemática o taxonomía numérica, constituye una herramienta bastante eficiente para definir los tipos y magnitud de la variación e-

xistente dentro de las especies. La biosistemática en sentido amplio, es una fase de la investigación botánica, cuyo objetivo principal es el de lograr un mejor conocimiento de las relaciones existentes entre las poblaciones en particular de aquellas del orden de género e inferiores a éste, investigando en forma completa la variación dentro de y entre especies.

Heaman(1984) y Jasso(1980) mencionan que, considerando la estructura poblacional como una fase de un proceso en el espacio y el tiempo, los estudios de variación morfológica pueden contribuir a un entendimiento del patrón evolutivo de una población. Si bien los estudios cuantitativos y análisis estadísticos permiten una mejor comprensión de las variables que intervienen en la expresión y variación fenotípica, los estudios biosistemáticos, tienen también como objetivo el evaluar el significado biológico de las variables disponibles; para tal efecto la biosistemática requiere del auxilio de otras disciplinas científicas como la ecología, genética, fisiología y fitogeografía, así a través del uso de este conocimiento interdisciplinario, es posible efectuar una interpretación más adecuada y profunda de las diferentes características que definen o determinan la variación de las poblaciones (Callahan, 1964).

El número y tipo de características que pueden tomarse en cuenta para evaluar la variación morfológica es variable, y la elección que se haga de las mismas dependerá por una parte de su trascendencia biológica, y por otra, de

la aplicación inmediata y directa que pueden tener en trabajos de mejoramiento genético (Niestaedt,1974).

La variación morfológica que se patentiza en los rasgos fenotípicos de las poblaciones naturales, ha recibido atención desde hace algunos años, la cual se ha centrado en el análisis de hojas, conos y semillas, características anatómicas de la madera, grosor de la corteza y otros tejidos, dichas características son de gran utilidad taxonómica tanto para la caracterización botánica de las especies (Burley y Wood,1979) como en los programas de mejoramiento genético forestal (Niestaedt,1960). Para distintas especies de coníferas mexicanas, se han llevado a cabo diversos estudios de variación morfológica. Nepemuceno (1985), consigna los avances en la investigación de la variación morfológica y el mejoramiento genético forestal hasta el año de 1985. En los últimos años tanto el número de especies estudiadas, como los trabajos publicados tienen la tendencia a incrementarse.

Para Pinus patula, especie taxonomicamente muy relacionada con Pinus greggii, Barrett (1972) realizó un estudio que comprendió casi toda su distribución, el autor colectó hojas, conos y semillas de 110 individuos repartidos en 16 localidades, estudiando de manera cuantitativa 20 características de los mismos. La mayor parte de la variación encontrada para la característica largo de cono, ocurrió entre localidades (procedencias), observándose un gradiente de variación con los valores extremos en Querétaro (98.5mm) disminuyendo hacia el norte y sur con los menores valores observados en Oaxaca (62.1 mm). Los cuatro orígenes de Oaxa-

ca que formaron un grupo homogéneo entre sí, no difirieron de manera discontinua de la variedad típica. Para el ancho de los conos cerrados, la mayor variación se encontró entre individuos dentro de procedencias no existiendo un gradiente definido para este carácter.

Al muestrear 3 localidades de Pinus strobus var. chiapensis en Tlapacoyan, Veracruz; Bochil, Chiapas y Lachao-Oaxaca, Yañez(1981) encontró que esta especie es muy variable estando la longitud de los conos asociada con el origen geográfico de las poblaciones, presentándose conos mas pequeños en la población situada mas al norte y conos mas grandes en la población situada mas al sur.

Para siete poblaciones naturales de Pinus pseudostrobus var. oaxacana Mtz. procedentes de Los Altos Chiapas, Bermejo y Patiño (1982) estudiaron 10 características morfológicas tanto de cono como de las hojas. Los resultados demostraron que la variación encontrada para largo y ancho de cono fué atribuible a los árboles dentro de las localidades y que en consecuencia las poblaciones muestreadas corresponden a una región de procedencias única. También en Pinus pseudostrobus Lindl de la región central, Moreno(1983) realiza una evaluación en 8 características morfológicas, encontrando que la mayor variación en casi todas las características, se presentó en el nivel de las determinaciones dentro de los árboles; en ellos el número de semillas por cono guardó relación con la altura sobre el nivel del mar y la latitud, correspondiendo el menor número de semillas a la menor altura sobre el nivel del mar y mayor número de semi-

llas a la mayor altitud y menor latitud.

Pérez y Eguiluz (1985) estimaron 29 características morfológicas de acículas y conos de Pinus hartwegii Lindl. en nueve localidades del Eje Neovolcánico y en un transecto altitudinal de Zoquiapan México, encontrando que los componentes de varianza para ambos muestreos resultaron ser mayores en el error para doce de cinco variables respectivamente, entre las que se incluyen las características del cono. Los autores atribuyen la gran varianza del error a la existencia de otras fuentes de variación que intervinieron en el estudio y concluyen que Pinus hartwegii es una especie formada por poblaciones geográficas longitudinales y altitudinales diferentes.

Al realizar un primer reconocimiento de la variación geográfica en 10 poblaciones naturales de Pinus oocarpa Shiede de Chiapas y Oaxaca, Sánchez y Nepamuceno (1986) encuentran diferencias significativas entre poblaciones para diversas características de hojas, conos y semillas. La variación dentro de las poblaciones mantuvo un valor alto incluso mayor al del nivel poblacional; debido a que la distribución de las medias poblacionales no siguió un patrón geográfico ordenado, se propone un patrón de variación errático.

Los caracteres morfológicos de la apófisis son -- muy numerosos y variados, teniendo en cuenta su forma, tamaño, curvatura, color, desarrollo de los umbos y dimensiones con el tamaño y forma de los mismos. La altura de las apófi

sis ha sido considerada como un carácter taxonómico importante, tal como sucede en el Pinus montezumae Lamb. que al ser analizado por De la Garza y Nepamuceno (1989) sobre cuatro poblaciones del Eje Neovolcánico, mostró diferencias entre poblaciones; en este estudio las poblaciones del Este (Río Frío y San Juan Tetla) formaron un grupo homogéneo con las menores alturas de apófisis, mientras que las poblaciones del Oeste (Villa Victoria y San Felipe del Progreso) resultaron tener las apófisis más elevadas.

Otros resultados en relación a características morfológicas de conos, son los reportados por García (1986) para Pinus maximartinezii quien determinó una altura promedio de apófisis de 21.4mm. con un mayor coeficiente de variación atribuible a los árboles dentro del rodal (con un valor de 34.40%), mientras que la variación entre rodales es reducida. Por su parte, Barrett (1972) encontró que la distancia del mucrón a la base de la apófisis (altura de la apófisis) en Pinus patula Schlecht et Cham, tuvo una mayor variación en el nivel dentro de individuos, con un 33.05%; la variedad típica fue la que obtuvo en forma discontinua los mayores valores, difiriendo significativamente de los orígenes de la Sierra de Oaxaca, el autor señala que este carácter estuvo altamente correlacionado con el peso de los conos ($r= 0.89$) y ancho de conos ($r= 0.900$).

En cuanto al peso de los conos, por su complejidad no suele ser utilizado en la descripción de las especies u otras entidades menores, sin embargo Barrett (1972), en su investigación de la variación en Pinus patula encuentra

que este caracter estuvo asociado a procedencias agrupadas geográficamente, así la variación individual dentro de cada procedencia fué la responsable del 43.93% de la variación total, con un valor medio para la especie de 34.518g.; el peso de los conos también estuvo asociado a el largo de los mismos (valor de $r = 0.907$).

De acuerdo a Bramlett y Col (1976) el propósito del análisis de conos, es evaluar la producción de semilla e identificar cuándo y porqué se pierden semillas potenciales. El potencial de semilla define el límite biológico del número de semillas producidas por cada cono. De este modo, cada especie arbórea tiene un promedio de semillas potenciales y un rango de valores observados, basados en el número de escamas fértiles por cono. Algunos autores coinciden en que el número de semillas por cono, es una característica que guarda relación con las dimensiones del mismo. Esto lo confirman los resultados obtenidos por Velázquez y Musalem (1985) quienes enfatizan que el número de semillas por cono en Pinus hartwegii tuvo una correlación altamente significativa con la longitud, el diámetro, el peso seco y peso fresco del cono. Resultados análogos fueron reportados por Talavera (1987), quien al estudiar la relación del tamaño del cono en la producción de semillas de Pinus strobus var. chiapensis Mtz. mostró que existe gran variabilidad en la longitud y grosor de los conos de esta especie. Para cada localidad encontró que los conos grandes, presentaron mayor cantidad de semilla con respecto a los conos chicos cuya producción fué casi nula, siendo la localidad de San Juan de Copala, Oax. la mas productiva, con un promedio de 35 se

millas por cono.

Algunas características como son el número de hojas por fascículo y la posición de canales resiníferos en el parénquima de la hoja son de gran interés taxonómico por que han sido utilizados para diferenciar secciones dentro del género Pinus, grupos de especies y entidades menores; en general es observable una gran variación para estas características. Así por ejemplo, Barrett (1972) encontró un mayor número de hojas de Pinus patula en procedencias de menor latitud, dominando en el Norte fascículos de tres hojas, con una baja proporción de fascículos de cuatro hojas y muy pocos de dos. En cambio en los orígenes del Centro y Sur de su área natural, aunque el número de tres hojas siguió dominando, hubo mayor proporción de cuatro hojas, y salvo una excepción, en todos aparecieron fascículos de cinco hojas; en cuanto a la posición de canales resiníferos en esta especie, se encontraron todos los casos posibles, en mayor proporción los canales medios (70.3%), siguiendo los internos (29.2%) y excepcionalmente los externos y septales (0.5%), habiéndose encontrado 25 tipos de combinaciones diferentes, se agrega que el número de canales resiníferos fue de uno a cinco, con un número promedio de tres.

Como parte de un estudio de variación en poblaciones naturales de Pinus radiata, Forde (1964) examinó algunas características anatómicas y morfológicas de las hojas no encontrando diferencias significativas en las tres poblaciones estudiadas para el número de acículas por fascículo.

Sin embargo la longitud de las acículas presentó-

variaciones de acuerdo a las condiciones ambientales, localizando las acículas mas largas y gruesas en la población de Cembria, tamaños intermedios en las poblaciones de Año Nuevo Point y acículas mas pequeñas en la población de Monterey. El rango de variación en el número de canales resiníferos fué poco variable.

Los resultados obtenidos por Moreno(1985) y mas tarde por Bermejo (1986) para Pinus pseudostrobus, revelan que el número de acículas por fascículo tuvo un valor promedio de cinco para todas las poblaciones, siendo el valor promedio para la longitud de acículas y longitud de vaina de 22.29cm. y 2.13cm. respectivamente. El componente de mayor variación para ambas características fué atribuído a diferencias presentes entre árboles; en cuanto al número total de canales resiníferos encontrados en esta especie fué de tres y la variación de esta característica estuvo asociada tanto a diferencias existentes entre los árboles como a las variaciones ambientales.

Pérez y Eguiluz (1985) en su estudio de variación de Pinus hartwegii a través del Eje Neovolcánico, encontraron que la mayoría de las características estudiadas presentaron gran variación en todas las poblaciones, a excepción del número de acículas que fué la única que se mantuvo mas o menos constante para ciertos grupos de poblaciones. Por otra parte se encontraron diferencias altamente significativas entre los sitios localizados a diferentes altitudes a través del transecto altitudinal muestreado (de los 3000 a los 3900 m.s.n.m.), manifestándose con mayor intensidad di-

cha variación para la longitud de acículas. El estudio concluye finalmente, que Pinus hartwegii Lindl. se encuentra constituido por diferentes poblaciones geográficas y altitudinales en cuanto a morfología foliar.

Es interesante señalar que algunas de las especies que se han estudiado tienen distribución restringida, semejante al Pinus greggii. Así para Pinus radiata el estudio de variación morfológica de sus conos (longitud y asimetría de apófisis) muestra que las poblaciones pueden ser diferenciadas estadísticamente (Forde, 1964). En el Pinus patula también gran parte de la variación en los conos es asociada a diferencias entre las procedencias, observándose un patrón gradual (clinal) de variación (Barrett, 1972). En Abies guatemalensis Redher, se ha analizado la variación morfológica, determinándose que para las poblaciones de Chiapas, se presenta una diferenciación poblacional, mientras que la variación individual dentro de las poblaciones fue más reducida, asociándose esta diferenciación poblacional al virtual aislamiento geográfico de las poblaciones (Fernández, 1987).

Germinación y variación

Para que la semilla germine, requiere de la interacción de factores internos o propios de la semilla y los factores del medio ambiente. Uno de los factores internos que influye en la germinación, es la viabilidad de las semillas, que se define como "la cualidad de una semilla de ser potencialmente capaz de germinar". La diferencia entre una semilla viva (viable) y una muerta (no viable) puede no es

tar bien marcada, sino caracterizada por una declinación -- gradual en vigor, el cual se encuentra asociado a un porcentaje y a una velocidad de germinación disminuídos. La disminución en la viabilidad de las semillas, puede estar influida por factores que actúan antes y después de la maduración de las mismas, y de acuerdo a Bramlett (1976), Patiño y Col. (1983) y Toole citado por Hartmann y Kester (1982), estas-- características pueden ser el resultado de:

- a) Carencia de polen viable o de fertilización.
- b) Semillas malformadas; cuando los conos cosechados son inmaduros, las semillas muestran embriones deformes o incompletos o bien gametofito - incompleto.
- c) Semillas vacías, que contienen solo un tejido-remanente del gametofito o embrión debido a dos causas, en el primer caso, cuando ambos padres poseen genes letales recesivos para la misma - característica y éstos se unen, el embrión muere y el tejido del gametofito no se desarrolla, en el segundo caso, el tejido gametofítico es-completamente destruído por las enzimas digestivas de insectos.
- d) Ataque de insectos y larvas durante los primeros estadios del desarrollo del embrión y del-tejido gametofítico, o que se alimenten de los conos del segundo año de crecimiento, durante-el verano tardío.
- e) Daños mecánicos a las testas durante su cosecha y manejo.
- f) Condiciones inadecuadas de almacenaje.

- g) Daños causados por hongos en el tejido gameto fítico, el embrión o ambos, lo que reduce el porcentaje de germinación.
- h) Envejecimiento de las semillas.
- i) Diferencias genéticas entre cultivares.

Las condiciones internas de las semillas, deben ser favorables para la germinación, esto es, que deben haber desaparecido las barreras físicas o químicas para que ocurra la germinación (Hartmann y Kester, 1982). Las semillas de la mayoría de las especies forestales germinan en el momento de ser expuestas a condiciones ambientales adecuadas, sin embargo semillas de ciertas especies, incluso en condiciones favorables, no llegan a germinar hasta que hayan sufrido un cambio físico o fisiológico, tal estado se denomina reposo y puede ser transitorio; muchas especies presentan reposo solamente durante los primeros 6 meses siguientes a la recolección (Koslowski, 1971 ; Ditlevsen, 1980).

El tiempo requerido para que ocurra la germinación en semillas del género *Pinus*, puede ser variable, así por ejemplo, las semillas de *Pinus maximartinezii* Rzed. y *P. ayacahuite* var. *brachiptera* Shaw. germinan en un lapso de 20 días, mientras que otras especies como *P. oocarpa* Shiede y *P. montezumae* Lamb. germinan aproximadamente a los 13 días y en el caso de *P. engelmannii* Carr. y *P. teocote* Schlecht et Cham lo hacen al cabo de 5 a 7 días (I.N.I.F., 1987). Al respecto Ditlevsen (1980) y Rojas (1981) señalan algunas causas internas de las semillas que impiden la germinación, y son las siguientes:

- a) Embrión rudimentario o inmaduro que requiere - un período de postmaduración a bajas temperaturas y con un cierto grado de humedad.
- b) Presencia de una cubierta gruesa de la semilla que al presentar gran resistencia mecánica impide que el embrión se desarrolle.
- c) Cubierta impermeable al agua o a los gases.
- d) Presencia de inhibidores del crecimiento endógenos en los integumentos de la semilla (Mayer y Shain,1979).

En relación a los mecanismos internos de reposo - que controlen el inicio de la germinación, Thompson (1981), - Hartmann y Kester (1982) suponen que se han originado como una estrategia para la supervivencia en la naturaleza y que los requerimientos específicos de germinación están relacionados con las condiciones ambientales (origen geográfico) - en que las especies han evolucionado. La germinación está en gran medida regulada por medio del ambiente que rodea a la semilla. El requerimiento de estas condiciones cambia de acuerdo a la especie y variedad, y está determinado por las condiciones que prevalecieron durante la formación de la semilla, y mas aún, por factores hereditarios (Mayer y Poljakoff-Mayber,1975).

En cuanto a los factores del medio ambiente que - intervienen en la germinación de las semillas, los principales son: humedad, aereación, luz y temperatura (Koslowski, 1971).

El agua es un factor limitante en la germinación, cuando se coloca una semilla en un medio húmedo, ésta se hidrata pues absorbe el agua por imbibición debido a que la semilla tiene un bajo potencial osmótico, a medida que el agua va siendo absorbida, los sistemas enzimáticos van siendo activados con el objeto de (Koslowski, 1971):

- a) Desdoblar las materias de reserva contenidas - en el gametofito femenino que rodea al embrión.
- b) Facilitar la traslocación de nutrientes de las áreas de almacenamiento hasta los puntos de -- crecimiento.
- c) Permitir que se disparen las reacciones químicas que llevan a cabo la síntesis de nuevo material.

La composición del medio ambiente atmosférico puede tener una influencia directa sobre la germinación, sobre todo en el intercambio gaseoso. Debido a que durante la germinación incrementa rápidamente la actividad respiratoria de la semilla, es necesario un suministro adecuado de oxígeno para degradar las sustancias de reserva contenidas en el gametofito, la restricción en este suministro, limita la -- respiración y en consecuencia induce directa o indirectamente la dormancia, reduciendo así el porcentaje de germinación o evitando que las semillas germinen (Mayer y Shain, 1974).

El requerimiento de oxígeno para la germinación - varía entre las especies, aunque la mayoría germinan con un contenido de oxígeno de 20% y hasta un 0.03% de CO₂ (Hatano y Asakawa, 1964; Mayer y Poljakoff Mayber, 1975).

En condiciones naturales, las semillas de los árboles frecuentemente son cubiertas por la hojarasca y germinan sin luz, sin embargo la luz estimula la germinación de las semillas de muchas especies. Las semillas de Pinus, generalmente germinan a bajas intensidades de luz (5 lux) mientras que otras especies requieren hasta 100 lux para germinar. El efecto de la luz en la germinación de las semillas depende de su longitud de onda (Hatano y Asakawa, 1964). En la mayoría de las especies forestales, la germinación total máxima y la velocidad de germinación se presenta en períodos diarios de luz de 8 a 12 horas pero Hartmann y Kester (1982) mencionan que el estímulo de la luz no se efectúa si la temperatura es alrededor de 24°C o mas.

Respecto al régimen térmico, éste juega un papel importante en la germinación, pues determina el nivel de las relaciones bioquímicas, la imbibición y el intercambio gaseoso, así como también el crecimiento y desarrollo de las plántulas (Patiño y Col. 1983). Las exigencias de la temperatura para la germinación de las semillas se considera en relación a tres niveles: mínimo, máximo y óptimo, denominados a menudo puntos cardinales de temperatura. El determinar con precisión esos requerimientos, para una especie en particular es difícil, ya que la temperatura afecta tanto al porcentaje como a la velocidad de germinación (Hatano y Asakawa, 1964; Hartmann y Kester 1982). La temperatura óptima se puede interpretar como aquella en que se obtiene el máximo porcentaje de germinación en el tiempo mas corto, mientras que las temperaturas mínima y máxima para la germinación son aquellas en las cuales la germinación todavía ocurre.

La mayoría de las semillas de árboles y arbustos pueden germinar sobre un amplio rango de temperaturas, aunque existen algunas especies que germinan mejor en un rango específico de temperatura. Un ejemplo de lo anterior son las semillas de Pinus montezumae Lamb. cuya germinación óptima ocurre entre los 20 y 30° C (Musalem, 1975). La gran amplitud en el requerimiento de temperatura dentro de una especie se establece dependiendo de la edad y madurez de la semilla al tiempo de la cosecha, procedencia de la misma, diferencias genéticas dentro de la especie, condiciones de almacenaje y condiciones de germinación (Toole y Col. 1956).

De acuerdo a Serrano (1986), la temperatura influye en el porcentaje de germinación total de las semillas y en el número de días necesarios para que se inicie la germinación. Así al utilizar condiciones análogas a las utilizadas por Musalem (1975), pero con un rango de temperaturas de 10 a 40° C, Serrano probó semillas de Pinus ayacahuite var. veitchii, las cuales mostraron su germinación más alta a los 30° C con un 94.1% de germinación total en contraste con una temperatura de 10° C, cuyo porcentaje de germinación fue de 1.2% mientras que los días transcurridos para el inicio de la germinación fueron 5 y 18 respectivamente. Lo anterior -- confirma lo señalado por Hartmann y Kester (1982).

En cuanto a los factores genéticos que influyen en la germinación, éstos pueden considerarse como estrategias adaptativas, tal como son, los casos de los mecanismos de latencia (Stern y Roche, 1974). Las especies que no tienen ningún mecanismo de latencia, poseen en su germinación-

sólo un control genético parcial. Los patrones de desarrollo de la germinación, pueden ser estudiados a través de los ensayos de procedencia o de variación genética, en los cuales es posible analizar la germinación en relación al origen -- geográfico de las semillas. El conocimiento del comportamiento de la germinación es uno de los aspectos de mayor importancia acerca de la selección de especies y ecotipos aptos para una cierta región. Una germinación satisfactoria, equivale a una capacidad y energía germinativa alta que puede anticipar un número elevado de plántulas vigorosas en el menor tiempo posible (Cervantes, 1986).

Los estudios de variación en la respuesta del proceso germinativo, llevados a cabo en condiciones ambientales mas o menos uniformes o de ambiente controlado o bien a través del establecimiento de experimentos en vivero e invernadero, han demostrado la existencia de variación, tanto en las respuestas de germinación así como durante las primeras etapas de crecimiento y desarrollo de las plántulas; estas variaciones han sido atribuides a diferencias que se relacionan con el origen natural (geográfico) de las semillas - y parecen ser propuestas como evidencia de la existencia de cambios adaptativos, es decir del resultado de fuerzas selectivas exteriores, específicamente del medio ambiente local-- (Thompson, 1981).

De acuerdo a Whittington (citado por Thompson, 1981) las características de la germinación están al menos -- parcialmente bajo control genético, por lo que las especies silvestres pueden poseer estrategias reproductivas complejas

en las que se mantiene un balance de opciones sin selección rápida en favor de una estrategia a otra.

El óptimo de temperatura para la germinación, puede variar entre poblaciones de una misma especie y aún entre árboles que crezcan en el mismo rodal. Así utilizando dos procedencias de Pinus ponderosa, Olson y Col. (citados por Patiño y Col. 1983), encontraron que para las poblaciones de las Montañas Rocallosas del Este, la germinación óptima ocurrió entre 25 y 30°C mientras que para las semillas originarias de una población del Noreste de Pacífico, la germinación óptima ocurrió a una temperatura de 36°C.

Por otra parte en un estudio de tres poblaciones de Pinus caribaea var, hondurensis, (Musalem. 1975) realizó algunas correlaciones entre las características del cono y la viabilidad y germinación de las semillas: para tal efecto, las semillas fueron remojadas en agua por un período de 24 horas previo a la germinación, misma que se obtuvo en cámara germinadora a 25°C de temperatura constante. Los resultados obtenidos mostraron que para las características de las semillas, los coeficientes de correlación calculados entre el peso de las semillas con el porcentaje de viabilidad y con el porcentaje de germinación fueron muy altos y significativos (p 0.01). La viabilidad de las semillas se encontró con ligeras diferencias en relación a las poblaciones.

Al estudiar algunas características germinativas en semillas de Liriodendron tulipifera, Barnett y Farmer (19

78) notaron que la principal fuente de variación fué la altitud sobre el nivel del mar, exhibiendo baja germinación - las familias procedentes de elevaciones altas en contraste - con las pertenecientes a bajas elevaciones.

Para conocer las respuestas a la temperatura de - semillas de Shima khasiana Dyer y S. wallichii Choisy, dos - especies maderables importantes en el Noreste de India, Bog - jh y Ramakrishnan (1981) realizaron una colecta en dos si - tios de diferente altitud (1800m y 1300 m).Las pruebas de - germinación fueron llevadas a cabo en germinadoras, utilizan - do como sustrato papel filtro, y un rango de temperatura con - tante de 10 a 35°C con intervalos de 5°C.Los resultafo s in - dicaron que las dos especies están cercanamente adaptadas a su restricción altitudinal, al menos en lo que concierne a - la respuesta a la temperatura de las semillas en la germina - ción; de este modo S khasiana exclusivamente encontrada en - elevaciones altas, tendió a germinar mejor a bajas tempera - turas (en un óptimo de germinación de 15°C de temperatura - constante (55%), mientras que S. wallichii restringida a - bajas elevaciones, respondió mejor a altas temperaturas (20 a 25°C) con un porcentaje de germinación de 48%.

Edgar & Springfield(citados por Thompson.1981), - al analizar las respuestas de Atriplex obovata, separaron - las muestras de semilla en cinco grupos dependiendo del ta - maño y color, ellos demostraron diferencias en la respuesta a la temperatura de un grupo a otro, basándose casi por com - plete en proporciones de semillas que permanecieron sin --- germinar en luz u oscuridad continuas.

Por otra parte al desarrollar un estudio sobre el efecto de la temperatura en la germinación y crecimiento de plántulas de 53 familias de 6 procedencias de Pinus tecunumanii, Cervantes (1986) observó que las diferencias en la energía y porcentaje de germinación se debieron principalmente a la variación geográfica (procedencia) y a diferencias entre familias dentro de procedencias, también encontró una influencia definitiva en los porcentajes de sobrevivencia - en todas las procedencias: se señala también que los días y períodos de emergencia de plántulas están controlados por - diferencias entre familias y por factores del medio.

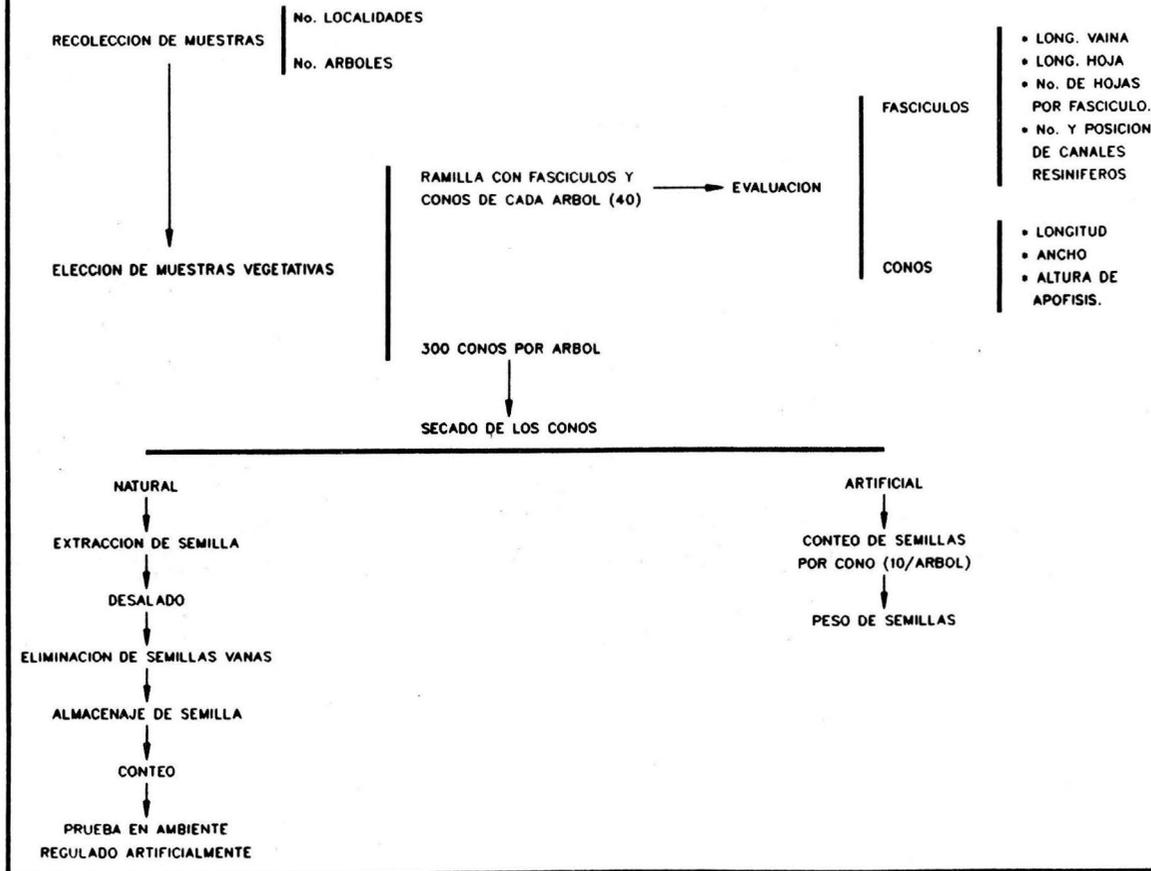
En especies forestales mexicanas se desconocen -- los patrones de variación genética en la germinación, y no ha sido sino recientemente en que se ha abordado este tipo de estudios. Sobre lo anterior, uno de los trabajos pioneros lo constituye el realizado por De la Garza y Nepamuceno (1989) quienes al determinar los caracteres fisiológicos referentes al comportamiento de la germinación, encontraron que las poblaciones de Pinus montezumae fueron las que aportaron la mayor variación, siendo la capacidad germinativa en pruebas de laboratorio de 46.95% sobre la variación total, mientras que las familias dentro de poblaciones contribuyeron con un 22.49% para este carácter. En cuanto a el valor germinativo resultó ser de 30.44%.

Por otra parte, se dispone de información que se ha obtenido a través de otros estudios cuyos objetivos específicos no han sido la investigación de la variación genética, ejemplo de ello es el trabajo de Caballero (1967) ---

quien al efectuar un estudio comparativo entre Pinus montezumae Lamb. y Pinus pseudostrobus Lindl con material de poblaciones naturales procedentes de Michoacán, México y Puebla, encontró diferencias significativas entre árboles dentro de sitios y entre sitios de colecta para la capacidad y energía germinativa. Para ambas especies el número de días de germinación mostró diferencias significativas entre árboles y dentro de sitios, mientras que no hubo diferencias -- entre sitios.

Finalmente se agrega, que los estudios sobre variación en características de la germinación, deben ser relacionados con el posterior vigor y crecimiento de las plántulas, con el propósito de determinar la posibilidad de realizar selecciones genéticas tempranas.

DESARROLLO DE METODOLOGIA



METODOLOGIA

Recolección de muestras

En base a consulta bibliográfica y por medio de exploraciones la brigada de recolectores de C.I.F.A.P., D.F. llevó a cabo la recolección de muestras de Pinus greggii, de la siguiente manera:

1.- Elección de diferentes localidades en donde se encuentra la especie en forma natural y que comprendieron las cuatro zonas de distribución de la especie.

La distribución de las localidades se puede apreciar en la figura 2 y la localización geográfica de los sitios en la tabla 1.

2.- Elección de 10 árboles (40 en total) dentro de cada una de las localidades (Palmborg 1980). Este número se encuentra dentro de las cifras recomendadas, 10 a 25 individuos cuando no se conoce la variación fenotípica de los árboles (Callahan, 1964).

La elección de los árboles fue realizada considerando los individuos sanos, con buena producción de conos y que se encontraran dentro de la media del rodal, procurando que los árboles estuvieran distantes uno del otro por lo menos 30m. En cada sitio de recolección se tomaron datos dasométricos como son el diámetro y la altura de los árboles (Cuadro 1).

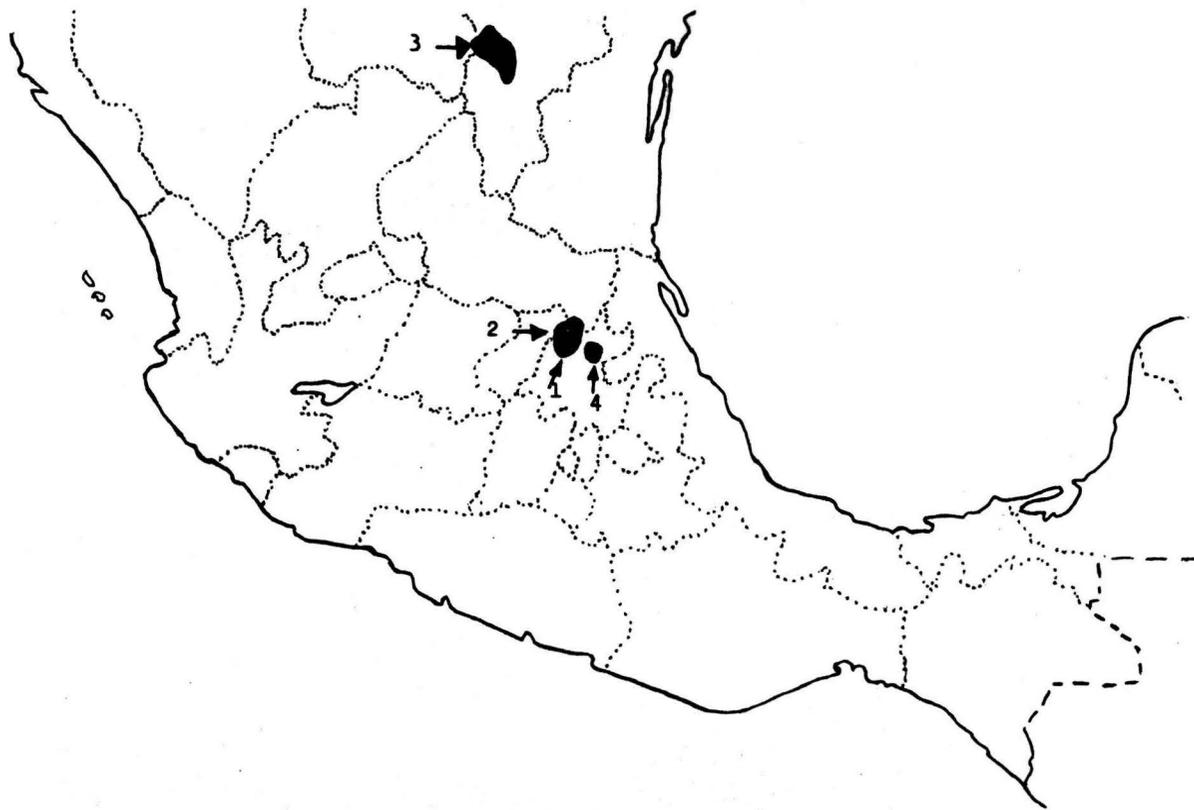


Fig. 2 Localización geográfica de los sitios de colecta de Pinus greggii Engelm.

(Los números asignados son correspondientes con la tabla 1).

3.- Elección de muestras vegetativas en cada árbol

Se colectaron ramillas con fascículos y conos ubicados en la parte media inferior en la copa de los árboles (40 en total). De la misma ubicación se cosecharon al -- azar aproximadamente 300 conos por árbol, todos ellos deberían de estar maduros y cerrados.

El material de estudio fué etiquetado en el -- campo, guardando la identidad de cada árbol así como la localidad donde fué colectado y la fecha de colecta, los conos fueron colocados en costales y las muestras botánicas en bol sas de plástico. Una vez colectadas las muestras, fueron trans portadas al laboratorio de semillas del C.I.F.A.P., D.F.

Las semillas y muestras de hojas y conos que fueron utilizadas en este estudio se colectaron en dos etapas:

I.- La población 1 que corresponde al estado de Hidalgo y la población 2 procedente -- del estado de Querétaro fueron colectadas en Octubre de 1986.

II.- La población 3 perteneciente al estado de Coahuila, y la población 4, que de forma complementaria fueron colectadas en el es tado de Hidalgo, en el mes de Octubre de 1987.

Tabla 1. Datos de ubicación de las 4 poblaciones muestreadas en el área de distribución natural de Pinus greggii Engelm.

No. de población		Altitud (msnm)	Latitud N	Longitud W	Precipitación \bar{X} anual (mm.)
1	El Piñón, Jacala Hgo.	1850	20° 58'	99° 13'	722
2	Tres Lagunas, Landa de Matamoros, Qro.	1750	21° 01'	99° 13'	737
3	Los Lirios, Sierra de Arteaga, Saltillo Coah.	2360	25° 27'	100° 50'	418
4	Laguna Atezca, Molango Hidalgo.	1350	20° 14'	99° 12'	1438

Fuente: Donahue(1989), García(1983).

Las semillas colectadas son de polinización abierta de árboles individuales (Barnett, 1978) y corresponden a 4 poblaciones naturales que cubren buena parte de la distribución de Pinus greggii Engelm.

Evaluación de hojas, conos y semillas

La evaluación de características morfológicas se desarrolló conforme se señala a continuación:

1.- Longitud de vaina.

Se midieron las vainas de 30 fascículos tomados al azar, procedentes de ramillas colectadas por cada árbol las medidas se hicieron con regla graduada en mm.

2.- Número de hojas por fascículo.

Se tomaron 30 fascículos al azar por cada muestra vegetativa por árbol y se contó el número de hojas por fascículo.

3.- Longitud de hojas.

Las muestras tomadas para la evaluación anterior fueron utilizadas para medir la longitud de las hojas tomando en cuenta la longitud promedio de las mismas. Las medidas se realizaron sobre hojas de papel milimétrico.

4.- Número y posición de canales resiníferos por hoja.

Para cada árbol se tomaron 10 hojas a las que

Cuadro 1. Datos tomados a los árboles que fueron seleccionados para las muestras.

Población	Arbol	Altura (m)	Diametro (cm)
El Piñón, Jacala Hgo.	1	19	26.5
	2	13	12.0
	3	16	29.0
	4	16	23.2
	5	18	23.4
	6	20	18.2
	7	12	17.1
	8	13	20.3
	9	12	17.7
	10	12	17.4
Tres Lagunas, Lenda de Matamoros Qro.	1	17	18.2
	2	18	19.6
	3	16	17.2
	4	15	15.4
	5	13	14.4
	6	17	12.9
	7	19	20.1
	8	18	21.4
	9	20	20.2
	10	10	15.0
Los Lirios, Sierra de Arteaga, Saltillo Coah.	1	15	24.0
	2	8	19.8
	3	10	20.4
	4	9	19.5
	5	10	21.0
	6	10	20.7
	7	10	22.3
	8	12	20.1
	9	11	20.3
	10	10	19.4
Laguna Atezc ca, Molango Hgo.	1	18	24.6
	2	20	30.1
	3	17	23.5
	4	16	22.6
	5	19	29.0
	6	18	23.8
	7	20	31.5
	8	17	22.9
	9	19	28.4
	10	16	23.4

se hicieron cortes en la parte media para cuantificar el número total de canales y sus posiciones (Martínez,1948).

5.- Peso de los conos.

Antes de colocar los conos en los patios de secado, se colectaron 10 conos al azar por árbol, mismos que deberían estar completos, cerrados y sanos, posteriormente se pesaron en una balanza de precisión en gramos.

6.- Largo y ancho de conos.

Las muestras de la evaluación anterior fueron utilizadas para medir el largo de los conos - con alambre;comparando esta medida en papel - milimétrico.Se consideró su curvatura cuando - la hubo y la longitud, desde la base hasta la punta del cono (Barrett,1972).

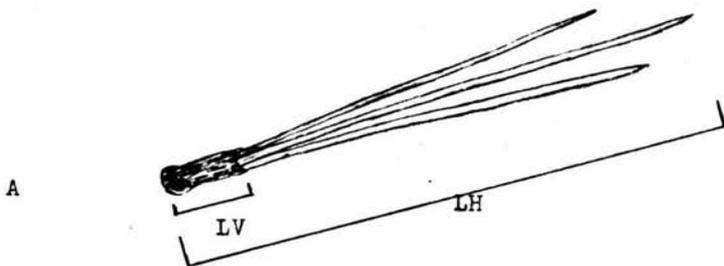
En ellos se midió también el ancho con un vernier en la parte media del cono, se registraron los datos en cm. aproximando a mm.

7.- Número de semillas por cono.

Se contó el número de semillas extraídas de 10 conos por árbol, descartando las vanas o abortadas (Bramlett y Col.1976).

8.- Peso de las semillas.

Con una balanza analítica se tomó el peso de -



LV = Longitud de vaina
 LH = Longitud de hoja

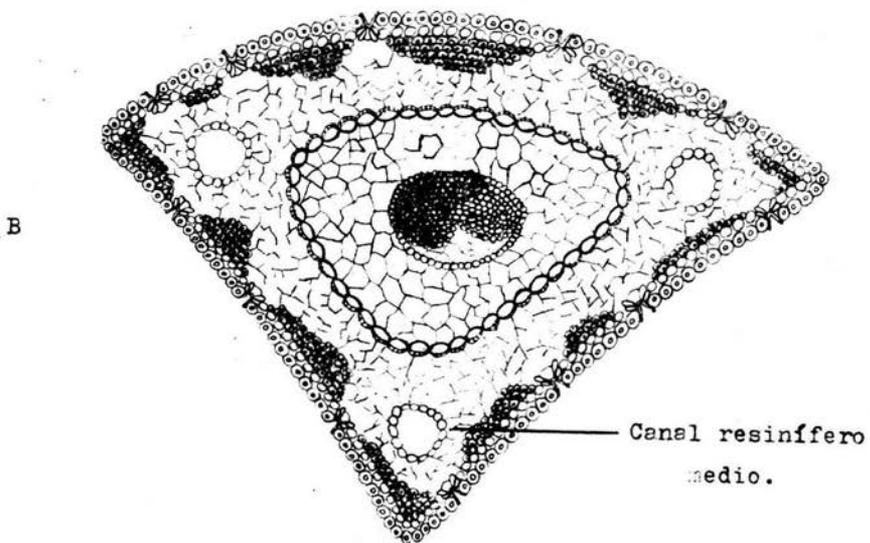


Fig. 3 Representación esquemática de acículas (A) y corte transversal de la hoja (B), indicando las características estudiadas en Pinus greggii Engelm.

Las semillas llenas y ligeras obtenidas de la evaluación anterior, seleccionando el cono 10- semillas por cono (100 semillas por cada árbol).

2.- Altura de apófisis.

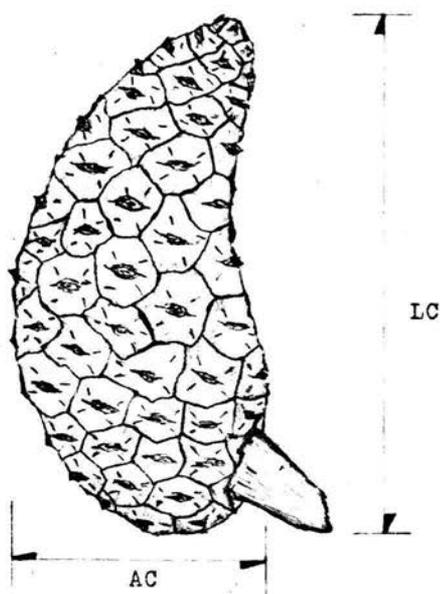
Tomando en cuenta 10 conos por árbol, se midió esta característica con un vernier. En las figuras 2 y 4 se resumen de manera esquemática las características evaluadas.

Extracción de semillas.

El proceso de extracción de semilla por cono, fué de la siguiente forma:

- 1.- Los conos se quisieron a secar al sol, extendiéndolos en patios y manteniendo su identidad por árbol individual mediante cajones de plástico, continuamente fueron removidos para permitir una exposición completa al sol y favorecer la apertura de las escamas facilitando así la extracción de las semillas.

Una vez extraídas las semillas con todo y ala, fueron retiradas cuidadosamente de los conos y se almacenaron en bolsas de plástico a la temperatura de 0° a 4° hasta el momento de su uso.



LC = Largo de cono.
 AC = Ancho de cono.
 AA = Altura de apófisis.



Fig. 4 Representación esquemática de las características morfológicas evaluadas en conos y escamas de Pinus greggii Engelm.

Una vez ocurrido lo anterior, se pasó la semilla por tamices para eliminar las alas y residuos de tegumento. Posteriormente se sometió a un soplado con el fin de eliminar la semilla que no tuviera embrión (semilla vana) y cualquier residuo de basura (Palmborg y Melchior 1980). Una vez limpia la semilla se almacenó en botes de plástico a una temperatura de 0°C a 4°C.

2.- Por otra parte se interrumpió el secado natural de 10 conos por árbol que fueron elegidos al azar y colocados en bolsas de papel identificadas para meterlos a la estufa a 40°C esto con el fin de que abrieran más rápidamente y se pudiera contar el número de semillas por cono.

Los procesos 1 y 2 se llevaron a cabo para ambas colectas 1986 y 1987.

Evaluación de la germinación.

La técnica sugerida por Villagómez Y.A. 1976 fue la adoptada para observar el comportamiento de las semillas de Pinus greggii Engelm, durante su germinación.

La técnica consiste en lo siguiente:

1.- Se contaron 200 semillas de cada lote (por árbol) sin distinción de tamaño ni estado.

- 2.- Se colocaron cuatro submuestras de 50 semillas cada una (por árbol) sobre papel filtro previamente esterilizado en cajas de petri de 9 cm. de diámetro, manteniéndolo húmedo en forma constante según fué siendo necesario; generalmente fué de dos veces por semana.
- 3.- Se introdujo las submuestras a la estufa de germinación marca Seedburo a una temperatura constante de 22°C en charolas de aluminio.
- 4.- Se consideró que las semillas germinaron cuando la radícula emergió de la testa y alcanzó dos - dos veces el tamaño de la semilla (Normas Internacionales para análisis de semillas forestales citado por Villagómez 1976).
- 5.- Se tomaron lecturas cada tercer día, una vez -- que ocurrió la germinación, se retiraron las - plántulas para evitar errores subsecuentes.

Al final de la prueba (aproximadamente 28 días) se partieron las semillas para confirmar su estado, corrigiendo así el porcentaje de germinación (Camacho, 1985).

La evaluación de la germinación se ensayó en las - cuatro poblaciones naturales de Pinus greggii, considerando las siguientes variables: capacidad germinativa, velocidad -

germinativa, uniformidad germinativa y valor germinativo.

El ensayo se realizó utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, considerando cada cámara de la germinadora como un bloque.

PROCEDIMIENTO ESTADISTICO

El conjunto de datos obtenidos en la medición de las características morfológicas, fueron analizadas por población y por árboles individuales. Con el objeto de detectar diferencias entre poblaciones y dentro de ellas, los resultados de cada característica fueron comparados con análisis de varianza jerárquico o anidado (Modelo II de Snedecor, 1978), que permitió el cálculo de componentes de varianza poblacional, individual y dentro de los individuos. En el anexo 2 se ejemplifica el cálculo de componentes de varianza para la longitud de conos.

La germinación se realizó bajo un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones, considerando que cada cámara germinadora fué un bloque. El cálculo de índices de las variables germinativas se realizó de acuerdo al formato propuesto por Camacho (1985); el valor germinativo calculado fué el de Maguire, el cual combina valores de capacidad germinativa, velocidad germinativa y uniformidad germinativa por lo que resultó ser una variable útil en la evaluación de la germinación.

El modelo en que se basó el análisis estadístico se presenta de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = m + P_i + f_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor observado de la característica en la repetición k del árbol o familia j , en la población i .

m = Valor medio general de la característica.

P_i = Efecto poblacional (de localidades).

f_{ij} = Efecto del árbol o familia j , en la población i (de árboles dentro de localidades).

E_{ijk} = Desviación dentro de los árboles de una misma población, o desviación debida al error experimental y/o efecto de repetición

Los grados de libertad (GL) y los cuadrados medios operados (CME) en los análisis de varianza para 3 niveles se muestran a continuación tanto para características morfológicas como para el comportamiento en la germinación respectivamente:

Fuente de variación	GL	CME
Poblaciones	$p-1$	$\sigma^2_E + n\sigma^2_f + nf\sigma^2_p$
Arboles o familias/ poblaciones	$p(f-1)$	$\sigma^2_E + n\sigma^2_f$
Determinaciones (Error)	$pf(n-1)$	σ^2_E

Donde:

σ^2_p = Varianza de las características entre poblaciones.

σ^2_f = Varianza de las características entre familias o árboles por población.

σ^2 E = Varianza de las características debida al efecto aleatorio.

p p = Número de poblaciones.

f = Número de árboles o familias por población.

n = Número de observaciones por árbol o familia.

En los cuadros de análisis de varianza se señalan con + la significancia a nivel de 0.05 de probabilidad, con + + la significancia a nivel 0.01 y con NS la no significancia. Cuando se presentó significancia solamente a nivel poblacional, se llevó a cabo la prueba de medias de Tukey, a un nivel de significación de 0.05.

RESULTADOS

Características de hojas.

Los resultados obtenidos de la evaluación en el número de hojas por fascículo, posición y número de canales resiníferos se presentan a manera de frecuencias en los cuadros 2, 3 y 4. En cuanto al número de hojas por fascículo se observa de hecho un número de hojas constante (3 hojas por fascículo) para las cuatro poblaciones de Pinus greggii, y con frecuencia relativa de 97.75%, se llegan a presentar -- ocasionalmente 2 hojas por fascículo (1.83%) y muy rara vez se presentan 4 hojas (0.42%).

Cuadro 2. Distribución del número de hojas por fascículo.

Población	Número de hojas por fascículo		
	2	3	4
1	1	298	1
2	-	296	4
3	4	296	-
4	17	283	-
Frecuencia %	1.83	97.75	0.42

Para el número de canales resiníferos la variación ocurrió de 1 a 6 canales, con una mayor frecuencia de 2 canales resiníferos (37.75%), aunque la presencia de 3 y 4 canales también es importante ya que ocurren, con una frecuencia de 29 y 26.75%, la presencia de 1, 5 y 6 canales es ocasional.

Cuadro 3. Distribución porcentual del número de canales resiníferos por hoja.

Población	No. de canales resiníferos por hoja %					
	1	2	3	4	5	6
1	10	41	28	16	3	2
2	1	34	27	34	2	2
3	1	31	40	28	-	-
4	-	45	21	29	5	-
Frecuencia %	3	37.75	29	26.75	2.5	1

Cuadro 4. Distribución de la posición de canales resiníferos (%)

Población	% de canales resiníferos		
	Internos	Medios	Externos
1	21	242	3
2	49	257	3
3	11	284	-
4	2	292	-
Frecuencia %	7.13	92.35	0.52

Las posiciones de los canales resiníferos fueron internos, medios y externos con una predominancia de los canales medios cuya frecuencia se eleva a 92.35%. Los canales internos ocurren con una frecuencia de 7.13% y los canales externos son casi bien raros o ausentes en dos de las cuatro

poblaciones estudiadas.

Referente a la longitud de las hojas, el análisis de varianza (cuadro 5), demuestra que existen diferencias significativas a nivel de poblaciones y árboles por población. La determinación de componentes de varianza hace incidir un 31.4% de variación debido a las poblaciones y un 13.3% debido a los árboles dentro de las poblaciones. El mayor componente se asoció a las detreminaciones dentro de los árboles (55.3%).

Cuadro 5. Análisis de varianza para la longitud de hojas.

FV	GL	SC	CM	FC	CV
Población	3	2 379.7481	793.2494	21.78 **	31.4
Arboles/Pobl.	36	1 310.8795	36.4133	8.20 **	13.3
Error	1160	5 148.9044	4.4387		55.3

* $P \leq 0.05$

** $P \leq 0.01$

La prueba de comparación de medias (Cuadro 6) correspondiente señala que entre las poblaciones de Jacala y Molango Hgo., no existen diferencias en cuanto a la longitud de sus hojas y constituyen las mayores longitudes de hojas, las dos poblaciones restantes, Tres Lagunas y Los Lirios son distintas entre ellas y con respecto a las dos anteriores.

Cuadro 6. Prueba de comparación de medias (Tukey) para la longitud de hojas.

Población	\bar{X} (cm)
1 El Piñón Jacala, Hgo.	12.30 a
4 Laguna Atezca, Volango Hgo.	11.87 a
2 Tres Legunas, Qro.	10.01 b
3 Los Lirios, Saltillo Coah.	8.82 c

En letras iguales no hay significatividad a una probabilidad P de 0.05.

La longitud de las vainas de las hojas tuvo diferencias a nivel de poblaciones y a nivel de árboles dentro de poblaciones (Cuadro 7). Los componentes de varianza se constituyeron de un 6.82% para las poblaciones y un 22.4% para los árboles, con un mayor componente asociado a las determinaciones dentro de los árboles.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la longitud de vainas.

FV	GL	SC	CV	FC	CV
Población	3	2.5847	0.8616	3.76 *	6.82
Arboles/Pobl.	36	8.2534	0.2293	10.50 **	22.40
Error	1160	25.3293	0.0218		70.78

* $P \leq 0.05$

** $P \leq 0.01$

La prueba de medias (Cuadro 8) muestra que la población con longitud de vaina mayor (1.04 cm.) es correspondiente a la población de Los Lirios, mientras que la población de Molango muestra la menor longitud de vaina (0.91 cm.) constituyendo poblaciones diferentes y que Jacala y Tres Lagunas constituyen poblaciones intermedias en las longitudes de sus vainas y son semejantes entre ellas.

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias para la longitud de vaina.

Población	\bar{X} (cm.)
3 Los Lirios, Saltillo Coah.	1.04 a
1 El Piñón, Jacala Hgo.	0.96 b
2 Tres Lagunas, Qro.	0.95 b
4 Laguna Atezca, Molango Hgo.	0.91 c

En letras iguales no hay significatividad a una probabilidad P de 0.05.

Características de conos y semillas.

En cuanto a la longitud de los conos, se muestra - de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 9) que existen diferencias entre poblaciones y entre árboles dentro de poblaciones, es notable que las poblaciones aportan una alta variación en esta característica (42.82%) y que los árboles entre poblaciones aportan un 24.32%.

Cuadro 9. Análisis de varianza para la longitud de conos.

FV	GL	SC	CM	FC	CV
Población	3	366.5198	122.1733	16.51 **	42.82
Arboles/Pobl.	36	266.4056	7.4002	8.40 **	24.32
Error	360	317.0780	0.8808		32.86

* $P \leq 0.05$

** $P \leq 0.01$

En la prueba de comparación de medias (Cuadro 10), se consigna a la población de Los Lirios, con los conos mas largos (12.62 cm.) y a la población de Molango con los conos mas cortos (9.95 cm.) como diferentes entre ellas, mientras que las poblaciones de Jacala y Tres Lagunas Qro. son semejantes entre ellas y tienen longitud de conos intermedias.

Cuadro 10. Prueba de comparación de medias poblacionales para la longitud de conos.

Población	\bar{X} (cm.)
3 Los Lirios, Saltillo Coah.	12.62 a
1 El Piñón, Jacala Hgo.	11.66 b
2 Tres Lagunas, Qro.	11.49 b
4 Laguna Atezca, Molango Hgo.	9.95 c

En letras iguales no hay significatividad a una probabilidad P de 0.05.

Para el ancho de los conos existen diferencias significativas a nivel de poblaciones, mientras que para los árboles dentro de poblaciones no se tienen diferencias significativas (Cuadro 11). La composición de la varianza señala un 11.65% para el nivel de poblaciones, solamente un 2.96% para los árboles dentro de poblaciones y un 85.39% para la variación dentro de las determinaciones. La población correspondiente al estado de Saltillo Coah. y la de Jacala Hgo. conforman las dos poblaciones de conos mas anchos y que no muestran diferencias significativas en esta anchura. Las poblaciones de Tres Lagunas Qro. y Molango Hgo. presentan los conos mas angostos y con diferencias significativas entre ellos y con respecto a las dos poblaciones primeramente señaladas (Cuadro 12).

Cuadro 11. Análisis de varianza para el ancho de conos.

FV	GL	SC	CM	FC	CV
Población	3	114.7520	38.2507	11.15 **	11.65
Arboles/Pobl.	36	123.5359	3.4316	1.35 NS	2.96
Error	360	918.1541	2.5504		85.39

NS No significativo

* $P \leq 0.05$

** $P \leq 0.01$

El peso de los conos mostró diferencias significativas asociadas a las poblaciones y a los árboles dentro de las poblaciones.

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias poblacionales para el ancho de conos.

Población	\bar{X} (cm.)
3 Los Lirios, Saltillo Coah.	4.60 a
1 El Piñón, Jacala Hgo.	4.23 a
2 Tres Lagunas, Qro.	3.88 b
4 Laguna Atezca, Molango Hgo.	3.15 c

En letras iguales no hay significatividad a una probabilidad P de 0.05.

El componente de variación poblacional fué de -- 43.20% lo que indica una extensa variación en este nivel, el componente de variación de los árboles dentro de poblaciones fué de 20.90% (Cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis de varianza para el peso de los conos.

FV	GL	SC	CM	FC	CV
Población	3	115 918.0831	38 639.3610	1860 **	43.20
Arboles/Pobl.	36	74 804.6583	2 077.9072	6.84 **	20.90
Error	360	109 353.9085	303.7609		35.90

* $P \leq 0.05$

** $P \leq 0.01$

La comparación de las medias señala que los conos mas pesados se encuentran en Jacala Hgo. y Saltillo Coah. y

que estas poblaciones son semejantes pero que difieren en con las otras dos poblaciones. Los conos menos pesados se encuentran en Molango Hgo. con un peso que equivale casi la mitad del peso de los conos de las dos poblaciones primeramente - señaladas. La población de Tres Lagunas exhibe un peso de conos intermedio (Cuadro 14).

Cuadro 14. Prueba de comparación de medias poblacionales para el peso de los conos.

Población	\bar{X} (g.)
1 El Piñón, Jacala Hgo.	89.96 a
3 Los Lirios, Saltillo Coah.	87.10 a
2 Tres Lagunas, Qro.	75.31 b
4 Laguna Atezca, Molango Hgo.	46.91 c

En letras iguales no hay significatividad a una probabilidad P de 0.05.

Para la característica altura de apófisis de los conos, el análisis de varianza arrojó diferencias altamente - significativas a nivel de poblaciones y a nivel de árboles - dentro de poblaciones, el porcentaje de variación poblacional es sumamente elevado (84.87%) mientras que la variación a nivel de árboles dentro de poblaciones y a nivel de determinaciones es mas reducida (Cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis de varianza para la altura de apófisis.

FV	GL	SC	CM	FC	CV
Población	3	6.9726	2.3242	103.10**	84.87
Arboles/Pobl.	36	0.8115	0.0225	4.75**	6.46
Error	360	1.7095	0.0047		8.67

* $P \leq 0.05$

** $P \leq 0.01$

En la prueba de comparación de medias, las poblaciones con altura de apófisis mayores son Saltillo Coah. y Molango Hgo. existiendo diferencias entre sus medias, las otras dos poblaciones muestran alturas de apófisis de menores dimensiones y son semejantes entre sí (Cuadro 16).

Cuadro 16. Prueba de comparación de medias para la altura de apófisis.

Población	\bar{X} (mm.)
3 Los Lirios, Saltillo Coah.	0.58 a
4 Laguna Atezca, Molango Hgo.	0.34 b
1 El Piñón, Jacala Hgo.	0.26 c
2 Tres Lagunas, Qro.	0.25 c

En letras iguales no hay significatividad a una probabilidad P de 0.05.

El número de semillas por cono mostró diferencias.

significativas a nivel de poblaciones y a nivel de árboles dentro de poblaciones, siendo la aportación a la variación total del nivel poblacional de 8.65% y la aportación a la variación a nivel de árboles dentro de poblaciones de 32,50% (Cuadro 17).

Cuadro 17. Análisis de varianza para el número de semillas por cono.

FV	GL	SC	CM	FC	CV
Población	3	57 682.4600	19 227.4867	3.25 *	8.65
Arboles/Pobl.	36	212 717.7400	5 908.8261	6.52 **	32.50
Error	360	326 214.8000	906.1522		58.85

* $P \leq 0.05$

** $P \leq 0.01$

Las medias estimadas por población, muestran que la procedencia de Jacala Hgo. tiene el mayor número de semillas por cono (128) siendo semejantes las poblaciones de Molango, Tres Lagunas y Saltillo (Cuadro 18).

Cuadro 18. Prueba de comparación de medias poblacionales para el número de semillas por cono.

Población	\bar{X} (sem.)
1 El Piñón, Jacala Hgo.	128 a
4 Laguna Atezca, Molango Hgo.	105 b
2 Tres Lagunas, Gro.	104 b
3 Los Lirios, Saltillo Coah.	96 b

El valor medio general estimado para el peso de 100 semillas fué de 1.175 g. encontrándose los valores extremos - en la población de Molango (0.98 g.) y en la población de Saltillo Coah.(1.50 g.). Los valores promedio estimados para esta característica se pueden observar en el cuadro 19.

Cuadro 19. Valores promedio estimados para el peso (g.) de cien semillas.

Población	\bar{X} (g.)
4 Leguna Atezca, Molango Hgo.	0.98
2 Tres Lagunas, Qro.	0.99
1 El Piñón, Jacala Hgo.	1.23
3 Los Lirios, Saltillo Coah.	1.50

Características de la germinación.

La variación en la capacidad germinativa contabilizó para las familias dentro de poblaciones 59.21% sobre la variación total, la menor variación se consiguió entre poblaciones la cual contribuyó con un 24.64%. Los resultados fueron -- estadísticamente significativos para los dos niveles de probabilidad. (Cuadro 20).

El promedio general para el porcentaje final de germinación de la especie fué de 80.44 siendo la población de Los Lirios la que presentó un valor mayor (93.35) y la pobla-

ción de Molango (70.08) un valor menor en su capacidad germinativa.

Para evaluar la velocidad de germinación se consideraron los días de inicio (D_1), los días medios (\bar{D}_{50}) y los días al final de la germinación (D_{100}).

Cuadro 20. Análisis de varianza y estimación de los componentes de variación para la capacidad germinativa de Pinus greggii.

FV	GL	SC	CM	FC	CV
Población	3	12 995.7274	4 331.9091	4.90**	24.64
Familias/Pobl.	36	31 847.8861	884.6635	15.67**	59.21
Error	120	6 775.2708	56.4606		16.15

* $P \leq 0.05$

** $P \leq 0.01$

En las tres determinaciones anteriores, los resultados fueron significativos a nivel poblacional, mostrando valores de 56.95% (D_1), 87.59% (D_{50}) y 86.33% (D_{100}), lo que es indicativo de una extendida variación a nivel poblacional (Cuadro 21). Por otra parte el componente de varianza no fue significativo a nivel de familias por población tanto en los días de inicio, como en los días medios pero si fué significativo en los días al final de la germinación. El valor promedio de las tres variables de la velocidad de germinación fué de 8.54 (D_1), 11.15 (D_{50}) y 17.71 (D_{100}).

Cuadro 21. Análisis de varianza para los días de inicio(D_1) días medios(D_{50}) y días al final de la germinación (D_{100}) de Pinus greggii.

	Poblaciones	Familias/ Poblaciones	Error
		%	
D_1	56.95	0.75	42.30
D_{50}	87.59	1.88	10.53
D_{100}	86.33	3.82	9.85

La población tres, correspondiente a Los Lirios - Saltillo, fué la primera en iniciar (6 días) y terminar (11 días) su germinación, alcanzando el 50% de sus semillas germinadas en 7 días. En contraste la población cuatro procedente de Laguna Atezca Molengo inició su germinación a los 10 días y terminó a los 21 días, obteniendo un $D_{50} = 15$ días. En cuanto a las poblaciones de El Piñón Hgo. y Tres Lagunas Gro., mostraron $D_1 = 9$ días alcanzando el D_{50} a los 11 y 12 días -- respectivamente y el D_{100} a los 19 días. En el cuadro 22 se consigna la prueba de Tukey para los días medios a la germinación, mostrándose que las poblaciones de Saltillo Coah. y Molango Hgo. presentan respectivamente el menor valor de D_{50} y el mayor valor de D_{50} y constituyen poblaciones diferentes -- en cuanto a esta característica (6.6 y 15 Días). Las otras -- dos poblaciones correspondientes a Tres Lagunas y Jacala tienen un D_{50} intermedio (11.2 y 11.6 días) y constituyen poblaciones semejantes entre ellas y diferentes a las poblaciones

de Saltillo Coah. y Molango Hgo.

Cuadro 22. Prueba de comparación de medias poblacionales (Tukey) para los días medios a la germinación.

	Población	\bar{X} (días)
4	Leguna Atezca, Molango Hgo.	15.09 a
2	Tres Legunas, Gro.	11.62 b
1	El Piñón, Jacala Hgo.	11.28 b
3	Los Lirios, Saltillo Coah.	6.60 c

En letras iguales no hay significatividad a una probabilidad P de 0.05.

La uniformidad germinativa obtuvo valores con diferencias significativas en el análisis de varianza tanto a nivel de poblaciones como a nivel de familias dentro de poblaciones destacándose que la aportación a la variación total de el nivel poblacional fué de un 59% y el componente de variación a nivel de familias dentro de poblaciones contabilizó un 9% (Cuadro 23).

Cuadro 23. Análisis de varianza para la uniformidad germinativa de *Pinus greggii*.

FV	GL	SC	CM	FC	CV
Población	3	82.28 61	27.4287	35.32 **	59.00
Familias/Pobl.	36	27.95 35	0.7766	2.17 **	9.00
Error	120	43.0246	0.3585		32.00

* $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$

En cuanto al valor germinativo, el análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativas tanto a nivel poblacional como a nivel de familias dentro de poblaciones contribuyendo los componentes a la variación total -- con un 82% y 10.4% respectivamente (Cuadro 24).

Cuadro 24. Análisis de varianza para el valor germinativo de Pinus greggii.

FV	GL	SC	CM	FC	CV
Población	3	1 164.5929	388.1976	67.69 **	82.00
Familias/Pobl	36	206.4588	5.7350	6.42 **	10.40
Error	120	107.1380	0.8928		7.60

* P 0.05

** P 0.01

La prueba de comparación de medias para este índice (Cuadro 25) muestra que el valor germinativo para las cuatro poblaciones estudiadas es diferente, encontrándose los valores extremos en la población de Saltillo Coah. (11.69) y la población de Molango Hgo. (4.46).

Cuadro 25. Prueba de comparación de medias poblacionales para el valor germinativo de Pinus greggii.

Población	\bar{X}
3 Los Lirios, Saltillo Coah.	11.69 a
2 Tres Lagunas, Qro.	6.76 b
1 El Piñón, Jacala Hgo.	6.08 c
4 Laguna Atezca, Molango Hgo.	4.46 d

DISCUSION GENERAL

En los cuadros 26 y 27 se presentan a manera resumida los resultados del análisis de varianza, los componentes de varianza explicados como porcentaje de la variación total y las medias poblacionales y pruebas de Tukey, para las características morfológicas de Hojas, conos y semillas analizadas en este trabajo. De acuerdo a los resultados, es notable la presencia de una gran variabilidad en las poblaciones de Pinus greggii comprendidas en este estudio, lo que se refleja en el hecho de que de las 7 características morfológicas básicas en las que se realizó análisis de varianza, en todas ellas resultaron diferencias significativas a nivel interpoblacional. La variación a nivel intrapoblacional (árboles dentro de poblaciones) también fué importante, a excepción de la característica ancho de conos la cual no obtuvo diferencias significativas.

Para las variables longitud de cono, peso de cono y altura de apófisis el mayor componente de variación se asocia a nivel de poblaciones, cabe agregar que para la longitud de hojas el componente de variación fué alto (31.4%) aunque la mayor variación ocurrió a nivel de determinaciones dentro de los árboles. La amplitud de la variabilidad en estas características ha sido ya consignada en trabajos taxonómicos anteriores, fundamentalmente del Profesor Martínez (1945) y de Loock (1950), aunque en esos trabajos no se hacen presiones sobre el patrón de la variación en el área de distribución de esta especie.

Dos características taxonómicamente importantes - son la longitud de los conos y la altura de apófisis de los mismos y para ambas la variación poblacional es extremadamente amplia ocurriendo diferencias en las medias de las poblaciones.

Cuadro 26. Resumen de los componentes de variación, su significancia en los análisis de varianza y valores -- medios para las características morfológicas de - Pinus greggii Engelm.

Caracteres	Pobla- Arboles/ Determi- ciones Población naciones			\bar{X}
	%			
Longitud de cono	42.82 **	24.32 **	32.86	11.43 cm.
Ancho de cono	11.65 **	2.96 NS	85.39	3.97 cm.
Peso de cono	43.20 **	20.90 **	35.90	74.82 g.
Altura de apófisis	84.87 **	6.46 **	8.67	0.36 cm.
Num. sem. por cono	8.65 *	32.50 **	58.85	108 sem.
Longitud de hojas	31.40 **	13.30 **	55.30	10.75 cm.
Longitud de vaina	6.82 *	22.40 **	70.78	0.96 cm.

NS No significativo

* $P \leq 0.05$

** $P \leq 0.01$

En este sentido se distinguen poblaciones con conos largos (Saltillo Coah.; 12.61 cm.) y poblaciones con conos - pequeños (Molango Hgo.; 9.95 cm.). A su vez los conos largos son correspondientes con alturas de apófisis mayores, la población de Molango Hgo. a pesar de sus conos pequeños, también presente altura de apófisis con valores altos. Como puede observarse en el cuadro 15 la diferenciación poblacional para la altura de apófisis es muy evidente (84.87%) lo que -

sugiere que esta característica se encuentra estrechamente - asociada con cambios en los factores geográficos y climáticos de cada uno de los orígenes geográficos de los árboles.

Diámetro de
Ancho de
Conos y
A.E. Apéndice.

En general las poblaciones de Jacala Hgo. y de Tres Lagunas Qro. se sitúan como poblaciones intermedias en cuanto a caracteres morfológicos de sus conos, y las poblaciones de Saltillo Coah. y Molango Hgo. constituyen poblaciones extremas.

Cuadro 27. Valores promedio y prueba de Tukey para las características morfológicas de Pinus greggii Engelm.

Población	El Piñón Jacala Hgo.	Tres Lagunas Qro.	Los Lirios Saltillo C.	Laguna Atezca Molango Hgo.
<u>Caracteres</u>				
<u>Cono</u>				
Longitud	11.66 b	11.49 b	12.62 a	9.95 c
Ancho	4.23 a	3.88 b	4.60 a	3.15 c
Peso	89.96 a	75.31 b	87.10 a	46.91 c
Alt.apófisis	0.26 a	0.25 a	0.58 b	0.34 c
Num.sem.cono	128 a	104 b	96 b	105 b
<u>Hojas</u>				
Longitud	12.30 a	10.01 c	8.82 b	11.87 a
Long.vaina	0.96 b	0.95 b	1.04 a	0.91 c

En letras iguales no hay significatividad a una probabilidad P de 0.05.

En un trabajo reciente sobre evaluación de semillas de Pinus greggii (Plancarte, 1988) se consignan datos sobre las dimensiones de conos y producción de semillas de dos pro

cedencias (Molango y Jacala) siendo mayores los conos de Jacala que los de Molango 11.4 y 9.9 cm. respectivamente, los valores reportados por el autor así como los obtenidos por Martínez (1948) son semejantes a los encontrados en este trabajo.

Para la característica ancho de cono los resultados muestran que la mayor parte de la variación es atribuida a fuentes no consideradas en el modelo, así como a diferencias entre las poblaciones siendo un carácter estable entre los árboles por población ya que no hubo diferencias significativas. En base a la prueba de Tukey las poblaciones de Jacala y Saltillo muestran un diámetro de cono semejante situándose los conos de Querétaro como intermedios en cuanto a esta característica mientras que los de Molango son los más angostos. En este estudio los conos más anchos corresponden a la población de Saltillo situada a mayor latitud norte en comparación con las poblaciones de Querétaro y Molango localizadas más al Sur y cuyos conos son más angostos. Se observa también que la característica en estudio está relacionada con factores climáticos pues la precipitación pluvial en el caso de los conos anchos de Saltillo es de 418 mm. mientras que para Molango cuyos conos fueron los más angostos es de 1438 mm.; de manera semejante Talavera (1987) observó que los conos más gruesos de Pinus strobus se localizaron a menor precipitación y grosores de cono menores a mayor precipitación.

Discusión
de
ancho del
cono

En cuanto al peso de los conos el análisis de va-

rianza resultó altamente significativo para la variación entre y dentro de poblaciones. La principal fuente de variación se debió a las poblaciones (43.2%) siguiendo la fuente de error (35.9%) y el 20.9% restante se debió a la variación entre árboles por población.

Barrett (1972) ya había encontrado una estrecha relación entre el peso de los conos de Pinus patula y la longitud de los mismos. Aunque en este estudio no se realizó la correlación entre dichas variables, se puede inferir que existe una asociación directa entre las mismas, pues como puede observarse en los cuadros 10 y 14 las poblaciones de Jacala y Saltillo son las que muestran sus conos mas largos y pesados mientras que los conos de Molango son los mas cortos y ligeros en tanto que la población de Querétaro se muestra intermedia. Resultados parecidos fueron obtenidos por Yañez (1981) en Pinus strobus cuya longitud y peso de conos fué mayor en Bochil, Chis (12.08 cm- 27.62 g.) que en Lachao (8.86 cm. -15.81 g).

El número de semillas extraídas de 10 conos por árbol arrojó diferencias significativas entre poblaciones y dentro de poblaciones, sin embargo dentro de árboles la variación fué mucho mayor (58.85%). Tales resultados sugieren que la variación es debida a la posición del cono dentro del árbol y diferencias entre los árboles así como a fuentes no consideradas en el modelo entre las que se pueden mencionar a) polinización deficiente, b) periodicidad en la producción de

Discusión de Semillas

semillas, c) autofecundación que generalmente produce gran mortalidad de los embriones y d) las condiciones del tiempo que prevalecieron durante la dispersión del polen. En general Pinus greggii se determinó como buena productora de semilla - siendo la población de Jacala Hgo. la que obtuvo un valor promedio mayor de semillas por cono igual a 128, correspondiéndole también los conos mas pesados, mientras que las otras tres poblaciones obtuvieron un valor total de semillas cercano al valor promedio que fué de 108 semillas por cono.

Discusión
de
semillas

En este estudio los componentes de varianza sugieren que la variación en la longitud de las hojas se encuentra asociada de acuerdo a su posición dentro de los árboles (55.3%) y a diferencias existentes entre poblaciones (31.4%) teniendo poca influencia la variación entre árboles por población (13.3%). La aportación de mas de la mitad de la variación guarda relación con la posición que ocupa la rama en el árbol, -- aunque este carácter también se ha señalado como bastante variable y se ha asociado con factores geográficos (Yañez 1981 Morenol 1983, Pérez y Eguluz 1985, Bermejo 1986), así por ejemplo Forde (1964) menciona que debido a que las hojas de los pinos incrementan en longitud por medio de un meristemo basal, el tamaño finalmente logrado se ve influido por el efecto del medio ambiente.

Los presentes resultados indican que las hojas mas largas se encuentran en Jacala Hgo. (12.3cm.) y las hojas mas cortas en Saltillo Coah. (8.82 cm.) mostrando las dos pobla--

ciones del estado de Hidalgo longitudes de hoja mayores en comparación con las poblaciones de Tres lagunas Qro. y Saltillo Coah. cuyas hojas son mas cortas. Es interesante señalar que la población de hojas mas cortas corresponde al sitio mas seco y de mayor altura sobre el nivel del mar (Cuadro 6, Tabla 1) en contraste con las poblaciones de Hidalgo cuyas hojas largas son correspondientes con sitios mas húmedos y de menor altitud sobre el nivel del mar. Respecto a la longitud de hoja promedio para la especie, los datos aquí obtenidos quedan incluidos en el rango de estudio establecido por Martínez (1948) y Eguiluz (1978).

Discusión
de
hojas L. C.

Los datos obtenidos para la longitud de vaina (Cuadro 7) muestran que el mayor componente de variación fenotípica encontrada corresponde a la fuente de error (70.78%) -- mientras que en el nivel entre árboles la contribución es altamente significativa pero menor (22.40%). La longitud de vaina resulte ser un carácter homogéneo en las poblaciones de Jacala y Querétaro constituyendo poblaciones intermedias mientras que las poblaciones de Saltillo y Molango se muestran como diferentes y con valores extremos sin relación geográfica aparente (Cuadro 8). Critchfield (1957) había mencionado -- que la variación dentro de los árboles puede estar relacionada con la edad del mismo. Los valores medios obtenidos para la longitud de vaina se encuentran dentro del rango establecido por Martínez (1948) para esta especie (1.4 cm.).

Discusión
de
Vaina

El valor medio general estimado para el peso de 100

semillas fué de 1.17 g. La especie en estudio mostró relación con la altitud sobre el nivel del mar ya que las semillas procedentes de altas elevaciones: Saltillo Coah. (2360 msnm.) - fueron mas pesadas (1.50g) que las semillas originarias de - bajas altitudes: Molango Hgo. (0.98 g.-1350 msnm.) y Tres Lagunas Qro. (0.99g. - 1750 msnm.) una relación similar fué en contrada por Thulin y Swet citados por Yañez 1981 en Larix decidua y Pseudotsuga menziessi.

En cuanto a el número de canales resiníferos, se encontró que varía de 1 a 6 con una predominancia de 2 canales (37.75%), aunque también son bastante frecuentes 3 y 4 - canales 29% y 26.75% respectivamente. En forma ocasional se - presentaron 1, 5 y 6 canales. Cabe señalar que aunque la presencia de 1 canal resinífero fué tan solo del 3%, en la descripción taxonómica realizada por Martínez (1948), Loock (1950) y Eguiluz (1978) no se consigna este dato.

La característica número de hojas en Pinus greggii se mantiene constante en las cuatro poblaciones (tres hojas por fascículo), así también la posición de los canales resiníferos guarda constancia entre y dentro de las poblaciones con una posición dominante de los canales medios (92.35%), sin embargo se presentan también posiciones internas y externas aunque muy reducidas; considerando las tendencias evolutivas de los pinos serotinos a las que hace mención Critchfield (1967), el Pinus greggii resulta ser una especie especializada en cuanto a la posición de sus canales resiníferos pues to que ya no presenta canales septales, los externos son mas

bien raros y los internos tienen una baja frecuencia. Bajo las mismas consideraciones de tendencias evolutivas, la simetría de los conos y la morfología de las apófisis constituyen características importantes que sitúan al Pinus greggii como una especie que tiende a especializarse. En este estudio las alturas de apófisis se determinaron como diferentes a nivel de poblaciones. Las poblaciones de Saltillo Coah. y Molango Hgo. tuvieron apófisis muy conspicuas.

En el trabajo de variación de Pinus oocarpa de (Sanchez y Nepamuceno (1986), se llega a determinar que esta especie serotina resulta ser la más conservadora en lo que se refiere a la evolución de sus caracteres ya que mantiene todas las posiciones de canales resiníferos así como la simetría de sus conos y la reducción de las alturas de sus apófisis.

Las diferencias en la capacidad germinativa o porcentaje final de germinación, se debieron principalmente a la variación entre familias por población y a diferencias entre poblaciones. Los resultados obtenidos por Caballero (1967) revelan diferencias significativas entre árboles dentro de sitios y entre sitios de colecta para la capacidad germinativa en semillas de Pinus montezumae y Pinus pseudostrobus. Cabe señalar que dicho autor ha observado que la semilla mediana de P. pseudostrobus muestra un porcentaje de germinación significativamente superior ($F= 25.50^{**}$) en comparación con grandes o pequeñas dimensiones de semilla.

Por otra parte, Cervantes (1986), De la Garza y Nepamuceno (1989) también han encontrado diferencias para el porcentaje de germinación, tanto en las poblaciones como en las familias dentro de poblaciones pero fue a nivel geográfico en donde se presentó el mayor aporte a la variación total. Los valores de F calculados por Cervantes para esta variable fueron 452.18 y 48.19 para las procedencias y familias dentro de procedencias respectivamente ($p < 0.01$). Así también algunos autores como Barnett y Farmer (1978); Boojh y Ramakrishnan (1981) han reportado efectos de los factores geográficos sobre el porcentaje de germinación, mientras que Morgenstern 1969 y Falkenhagen 1977 citados por De la Garza y Nepamuceno (1989) no encontraron diferencias del efecto geográfico sobre la capacidad germinativa.

IMPORTANTE EN LA GERMINACIÓN

El vigor de un lote de semillas se expresa comúnmente como velocidad de germinación o energía germinativa y es el tiempo transcurrido desde la siembra hasta un punto arbitrario sobre las curvas de germinación (Koller, 1972 citado por Camacho 1985). Para estimar esta variable se tomaron en cuenta el tiempo requerido para que iniciara la germinación (D_1), el promedio del tiempo de germinación (D_{50}) y el tiempo requerido para que germinaran todas las semillas viables de la muestra (D_{100}) en base a lo reportado por Vega y Col. 1981 y por Orchard 1977 en: Formato y recomendaciones para evaluar germinación. De acuerdo al análisis de varianza obtenido para esta variable, se puede apreciar en el cuadro 28 que es a nivel poblacional donde ocurre la mayor variación, siendo significativa para ambos niveles estadísticos (0.01 y 0.99).

Caballero (1967) encontró también diferencias significativas en la velocidad germinativa de Pinus pseudostrobus tanto entre familias por población (árboles dentro de sitios) así como entre poblaciones (entre sitios de colecta)

Por otra parte Cervantes (1986) encontró resultados similares para Pinus tecunumanii siendo los valores para la F calculada al 0.01 nivel de significancia de 34.42 y 9.29 para las poblaciones y familias por población respectivamente

La velocidad germinativa fue la misma para las poblaciones de Jacala Hgo. y Tres Lagunas Qro. ya que ambas iniciaron su germinación a los 9 días y alcanzaron la mitad de sus semillas germinadas a los 11 días, terminando su germinación a los 19 días. Por otra parte las poblaciones 3 y 4 tuvieron valores extremadamente diferentes en cuanto a esta característica, siendo la población 3 la que mostró mayor rapidez en su germinación, alcanzando la mitad de sus semillas germinadas a los 7 días, mientras que la población 4 fue la más lenta en la germinación de sus semillas mostrando un $D_{50} = 15$ días. Estas diferencias en cuanto a la velocidad de germinación, parecen estar relacionadas con el factor de humedad ambiental, así el sitio seco de Saltillo Coah. es correspondiente con la mayor velocidad germinativa y el sitio húmedo de Molango Hgo. es correspondiente con la menor velocidad germinativa, esta asociación de la humedad con la velocidad germinativa ya fue señalada por Morgenstern (1969) en Picea mariana. En relación a lo anterior, Mayer (1980) ci-

tado por Cervantes (1986), menciona que la extensión de los períodos germinativos dentro de una misma especie puede variar, ya que se requieren adaptaciones a las condiciones locales que aseguren el establecimiento de las plántulas, de este modo, dichos períodos pueden tener un significado en la sobrevivencia, ya que puede proteger a las especies de la extinción local como resultado de las condiciones adversas durante su germinación.

Cuadro 28. Componentes de varianza expresados como % de la variación total para la germinación de Pinus greggii Engelm.

	Poblaciones	Familias/ Población	Error	\bar{X}
	%			
Capacidad germinativa(CG)	24.64 **	59.21 **	16.15	80.44
Días de inicio a la germ.(D ₁)	56.95 **	0.75 NS	42.30	8.54
Días medios a la germ.(D ₅₀)	87.59 **	1.88 *	10.53	11.15
Días al final de la germ.(D ₁₀₀)	86.33 **	3.82 **	9.85	17.71
Uniformidad germinativa	59.00 **	9.00 **	32.00	3.01
Valor germinativo	82.00 **	10.40 **	7.60	7.25

NS No significativo

* P ≤ 0.05

** P ≤ 0.01

La principal fuente de variación para la uniformidad germinativa fueron las poblaciones y en menor escala las

familias dentro de poblaciones, siendo el factor aleatorio igual a 32%. Por su magnitud promedio se puede decir que este lote de semillas germina uniformemente puesto que las poblaciones de Jacala Hgo, Tres Lagunas y Molango Hgo. muestran un valor de 3 días en contraste con la población de Saltillo que es la única que varía en cuanto a esta característica (Cuadro 28 y 29).

El valor germinativo de Maguire mostró diferencias significativas tanto a nivel poblacional como entre familias por población. El mayor valor evaluado para este índice fue el de la población de Los Lirios, mientras que el menor ocurrió en la población de Molango Hgo., las poblaciones de Jacala Hgo. y Tres Lagunas Qro. mostraron valores germinativos semejantes e intermedios (Cuadro 29). De la Garza y Nepamuceno (1989) encontraron también diferencias significativas a nivel poblacional (30.44%) en el valor germinativo de Pinus montezumae asimismo dichos autores citan que para especies extranjeras se han encontrado también diferencias debidas a las procedencias en esta variable.

En el presente estudio se observó que las características relacionadas con el comportamiento de la germinación mostraron los valores mas altos de variación genética a nivel de poblaciones o procedencias, excepto para la capacidad germinativa la cual resultó ser mayor entre familias por población.

Cuadro 29. Valores promedio y prueba de Tukey(solamente para D_{50} y VG) para las características de la germinación de Pinus greggii Engelm.

Población	El Piñón Jacala Hgo.	Tres Lagunas Qro.	Los Lirios Saltillo C.	LagunaA. Molango Hgo.
Caracteres				
Capacidad germinativa.	74.27	84.04	93.35	70.09
Días de inicio a la germ.	8.90	9.15	6.30	9.80
Días medios a la germ.(D_{50})	11.28 b	11.62 b	6.60 c	15.09 a
Días al final de la germ.	18.65	19.50	11.25	21.45
Uniformidad germinativa.	3.23	3.34	1.80	3.68
Valor germinativo(VG).	6.08 c	6.76 b	11.69 a	4.46 d

En letras iguales no hay significatividad a una probabilidad P de 0.05.

En general se puede decir que las cuatro poblaciones son genéticamente variables, ya que para todas las características evaluadas en la germinación, mostraron diferencias significativas en ambos niveles de probabilidad estadística (Cuadro 28). En este estudio se pudo observar que el comportamiento de la germinación de las poblaciones 3 (Los Lirios) y 4 (Molango Hgo.) fue totalmente diferente mostrando ambos los valores extremos para la especie. A este respecto Thompson(1981) afirma que los caracteres de la germinación de las especies están parcialmente bajo control genético de manera que su patrón de conducta parece haber sido resultado de la selección, así por ejemplo las respuestas de germinación de

diferentes poblaciones de Tsuga canadensis ha sido propuesta como una evidencia de los cambios adaptativos, es decir como resultado de fuerzas selectivas exteriores que se relacionan con variaciones del medio ambiente local.

En cuanto al comportamiento de la germinación en las poblaciones de Jacala Hgo. y Tres Lagunas Qro., fue similar, por lo que pueden considerarse poblaciones estables en cuanto a su respuesta germinativa y posiblemente exista una relación entre estas poblaciones, debido a que ambas habitan en condiciones climáticas semejantes.

Respecto a la variación genética debida a las familias por población (árboles dentro de poblaciones) esta -- contribuyó en menor grado en todas las características evaluadas para la germinación, excepto para la capacidad germinativa que mostró un valor de 59.21%, en base a lo anterior se puede decir que todas las características son indicadoras de la diferenciación poblacional existente en Pinus greggii puesto que resultaron ser significativas a este nivel para todos los casos, a excepción de los días de inicio a la germinación.

CONCLUSIONES

El estudio de diez características morfológicas y seis características de la germinación para 4 poblaciones naturales de Pinus greggii Engelm. permiten establecer las siguientes conclusiones:

- La mayor variación fenotípica encontrada para las características morfológicas fué tanto a nivel interpoblacional como a nivel intrapoblacional mientras que para las características de la germinación el mayor componente de la variación total se presentó a nivel poblacional.
- Para las variables morfológicas y de la germinación se demuestran diferencias altamente significativas tanto entre las poblaciones como entre los árboles a excepción del ancho de cono y días de inicio a la germinación.
- Las características que presentaron menor variabilidad fueron el número de hojas por fascículo y la posición de canales resiníferos.
- Algunas de las características presentaron tendencias en sus patrones de variación con respecto a factores ambientales, siendo estas longitud y ancho de conos, longitud de hoja, número de semillas por cono y peso de las semillas.
- Los resultados obtenidos para las características estudiadas en Pinus greggii evidencian la existencia de variación geográfica en esta especie, pudiendo apreciarse las poblaciones bien diferenciadas (Saltillo Coah. y Volcango Hgo.).

SUGERENCIAS

Debido a la variabilidad que se encuentra a nivel individual, se sugiere aumentar el tamaño de muestra del número de individuos por procedencia o bien ubicar submuestras dentro de las procedencias.

Se recomienda tratar de buscar correlaciones entre variables morfológicas que sean importantes para propósitos de producción de semillas, así como correlaciones entre características morfológicas y características de la germinación.

En cuanto a la germinación sería interesante incluir el efecto de factores como: luz, temperatura, fotoperíodo o diferentes sustratos en relación a las procedencias, con la idea de establecer un patrón de variación adaptativo natural de la especie.

Cabe agregar que este estudio demuestra la variabilidad de Pinus greggii en relación al origen geográfico, - por lo que se sugiere fomentar las investigaciones para su mejoramiento y conservación genéticos.

LITERATURA CITADA

Barnett, P.E. y R.E. Farmer. 1978. Altitudinal variation in germination characteristic of yellow poplar in the southern --- Appalachians. *Silvae Genetica* 27:2-4.

Barret, W.H.G. 1972. Variación de caracteres morfológicos en poblaciones naturales de Pinus patula Schl. et Cham en México I.D.I.A. Suplemento forestal (7):9-35. Argentina.

Bermejo V.B. y Patiño V.F. 1982. Variación morfológica en características de hojas y conos de Pinus pseudostrabus var. oaxacana Mtz. en poblaciones naturales de Los Altos Chiapas Bol. Tec. 74 I.N.I.F.

Bermejo V.B. 1986. Variación natural de caracteres de acículas, conos, semillas, plántulas y madera en 6 poblaciones de Pinus pseudostrabus Lindl. de la región central de México. Tesis de Maestría Col. de Postgrad. Chapingo, México.

Boojh, R. y P.S. Ramakrishnan. 1981. Temperature responses to seed germination in two closely related tree species of Schinus molle, Reinw. *Current Science* 50(9):416-418. India.

Burley, J. y Wood P.J. 1979. Manual sobre investigación de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos Department of Forestry. C.F.I. University of Oxford, England.

Bramlett, D.L., E.W. Belcher Jr, G.L. De Barr, G.D. Hertell 1976. Cone analysis of Southern Pines a Guidebook General Technical Report SE-13 U.S.D.A. Forest Service North Carolina.

Caballero D.M. 1967. Estudio comparativo de 2 especies de pinos mexicanos (Pinus pseudostrabus Lindl. y Pinus montezumae Lamb.) con base en características de plántula y semilla Bol. Tec. 20 I.N.I.F. SAG. Mexico.

Callahan, R.Z. 1964. Investigación de procedencias, estudio de la diversidad genética asociada a la geografía. *Unacylva* 18 (23):Cap. 4 F.A.O. Roma.

Camacho S.F. y Angeles V.G. 1985. Formato y recomendaciones para evaluar germinación. Publ. Esp. 48 I.N.I.F.-S.A.P.V. México.

Cervantes S.M. 1986. Variación morfológica en semillas, efecto de la temperatura en la germinación y crecimiento de --- plántulas de 53 familias de 6 procedencias de Pinus tecumanii Eguluz et Perry. Tesis Profesional U.A.CH. Chapingo México.

Critchfield, W.P. 1957. Geografic variation in Pinus contorta. Marie Moors Cabot Foundation. Pub 3 Harvard University U.S.A.

-----1967. Crossability and relationships of the closed-cone pines. Silvae Genetica 16(2).

De la Garza L.M. del P. y Nepamuceno E.F. 1989. Evaluación de la variabilidad genética en coníferas mexicanas: Pinus montezumae Lamb. Memorias del I Congreso Forestal Mexicano Toluca, México.

Din, J.A. 1958. Pinos para las regiones tropicales Unasylva 12(3):12-13.

Ditlevsen, B. 1980. Genética cuantitativa: principios generales y su aplicación práctica en la mejora de árboles forestales. En: Mejora genética de árboles forestales. Estudio FAO Montes # 20.

Dobzhansky, T. 1975. Genética del proceso evolutivo. Ed. Extemporáneos. México.

Donahue, J.K. 1989. The CAMCORE Closed-Cone Pine Seed Collections in Central America and Mexico. Bulletin on tropical Forestry No. 6, June Raleigh, U.S.A.

Eguluz P.T. 1977. Los pinos del mundo. Departamento de Pecuaria Pub. Esp. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo México.

-----1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género Pinus en México. Tesis Profesional U.N.A. -- Chapingo México.

-----1982. Clima y distribución del género Pinus en México. Ciencia forestal 7(38):39-44 I.N.I.F. México.

Falconer D.S. 1978. Introducción a la genética cuantitativa. Cía. Edit. Continental S.A. México.

Fernández W.T. 1987. Variación morfológica en conos, hojas y semillas de Abies guatemalensis Redher en Chiapas. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Univ. Veracruzana.

Forde, M.B. 1964. Variation in natural populations of Pinus radiata in California. Part 2 Needle Characters. New Zealand -- Journal of Botany, 2(3):237-257.

Franklin, C. 1965. Additive, dominant and epistatic genetic variances. Apuntes mimeografiados Raleigh, N.C. U.S.A.

García M.E. 1983. Apuntes de climatología. 1a. Ed. U.N.A.M. Méx.

García M.R.M. 1986. Variación morfológica de acículas, conos y semillas de Pinus maximartinezii Rzed. Tesis Profesional U.A. C.H. Chapingo, México.

Ghosh, R.C. 1981. Suitability trials of different species and provenances of Pinus in the Doon Valley of India. Indian Forester 107(3)135-150 Abstract # 1920 en Forestry Abstracts 1982.

González V.C.E. 1978. Breve análisis de la investigación sobre plantaciones forestales de la Dirección General de Investigación y Capacitación Forestales. Dir. Gral. de Inv. y Cap. Forestales Pub. Esp. 13:83-87.

Hatano, K. y Asakawa S. 1964. Physiological processes in forest tree seeds during maturation, storage, and germination. Int. - Rev. For. Res. 1:279-323.

Hartmann, T.H. y Kester E.D. 1982. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Cía. Edit. Continental S.A. México.

Heaman, J.C. 1984. Provenance testing a Western Canadian perspective. En: XIV Reunión del Grupo de Mejoramiento Genético - Forestal. Comisión Forestal de América del Norte. FAC. Durango Dgo. México p 42-57.

Hernández X.E. 1967. Fitogeografía del género Pinus. México y sus bosques. Época III(15):8-10.

Instituto de Investigación Forestal. 1987. Laboratorio de semillas. Comunicación personal.

Jesse W.J. 1980. El ser humano como factor en la alteración de los recursos genéticos forestales. En: Mejora genética de árboles forestales. FAO. Roma. Cap. 9 p70-75.

-----y C.R. Villareal. 1978. Necesidad de la investigación sobre mejoramiento genético para las plantaciones forestales en México. En: Plantaciones Forestales. 1a. Reunión Nacional. Memoria Dir. Gen. de Inv. y Cap. Fortlas. SARH. México Pub. Esp. 13:14-21.

Kozlowski, T.T. 1971. Growth and Development of trees. Vol 1 - Seed germination, ontogeny and shoot growth. Academic Press. New York, U.S.A.

Loock, E.E.M. 1950. The pines of México and British Honduras - Dept. Agr. and For. Bull. South Africa 26:255-257.

Mayer, A.M. y Shain Y. 1974. Control of seed germination. Ann. Rev. Plant. Physiol. 25:167-193.

----- y Poljakoff-Mayber. 1975. The germination of seeds 2nd. Ed. Pergamon Press. England.

Madrigal S.X. 1967. Algunos aspectos ecológicos de los bosques de coníferas mexicanos. México y sus bosques. 3(16):1-19.

Martínez M. 1948. Los pinos Mexicanos. 2a. ed. Ediciones Botas México.

Nettler, L.E. y T.G. Gregg. 1972. Genética de las poblaciones y evolución. UTEHA, S.A. México.

Montes M.J. 1978. La conservación de los recursos genéticos; su estrategia. Chapingo. México.

Moreno B.G. 1985. Estudio de variación morfológica en Pinus pseudostrobus Lindl. Publ. Esp. 49. I.N.I.F.-I. S.H. México.

Morgenstern, E.K. 1969. Genetic variation in seedlings of Pinus mariana (Mill) B.S.P. II Variation patterns. Ilves Genetics 18:5-6

-----y S.M. 1975. Algunas correlaciones entre las características del cono y la viabilidad y germinación de las semillas de Pinus caribaea var. hondurensis procedentes de una

taciones Inf. Tec. de Bosques E.N.A. Chapingo, México 1(5); 23-27.

Musálem S.M.A. 1975. Influencia del fotoperíodo y la temperatura en la germinación de semillas de Pinus montezumae Lamb. Memorias de la III Reunión Nacional De Plantaciones Forestales Pub. Esp. (48):134-152.

Namkoog, G. 1978. Elección de estrategias para el futuro. Una--sylva 30(119-120):38-41.

Nepamuceno M.F. 1985. Análisis del desarrollo del estado actual de las experiencias prácticas y técnicas en mejoramiento genético en México. En: Memorias de la III Reunión Nacional de Plantaciones Forestales. Pub. Esp. INIF(48):173-186.

----- 1988. Comunicación personal.

Niembro R.A. 1985. Germoplasma forestal. Chapingo México.

Nienstaedt, H. y E.B. Snyder. 1974. Principles of genetic improvement of seed. En: Seeds of Woody plants in the United States (C.S. Schopmeyer ED) #450 Washington, D.C. U.S.A.

Palmberg, C. 1980. El muestreo en la recolección de semillas forestales. En: Mejora genética de árboles forestales, FAO. Roma.

----- 1980. Principios y estrategias para el mejor aprovechamiento de los recursos genéticos forestales. En: Mejora genética de árboles forestales. FAO. Roma.

----- y G.H. Melchior. 1980. La recolección y manejo de semillas forestales. En: Mejora genética de árboles forestales FAO. Roma.

Patiño M.P., De la Garza P., Villegómez A.Y., Talavera A.I. y Canacho A.M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Bol. Div. #63 INIF-SAG. México.

Pérez R.P. y Eguiluz P.T. 1985. Variación morfológica en Pinus hartwegii Lindl. del Eje Neovolcánico. III Reunión Nacional sobre Plantaciones Forestales. Pub. Esp. #48 INIF-SARH - México.

Plancarte E.A.1988. Rendimiento de semilla de dos procedencias de rodales naturales de Pinus greggii Engelm. Centro de Genética Forestal A.C. Nota Técnica(2):1-4 Chapingo Méx.

Pryor, L.D.1963. Provenance in tree improvement with particular reference to Eucaliptus. FAO. Forgen 3/2 Roma.

Quintanar I.P.A.1985. Estudio preliminar sobre la variación natural del peso seco de la madera de Pinus pocarpa Schiede en cinco localidades del Eje Neovolcánico. Tesis Profesional U.N.C.R.I.P.N. México.

Rojas G.M.1981. Fisiología vegetal aplicada. 2a. Edición Mc. Graw-Hill, México.

Rzedowski, J. 1973. Algunas consideraciones acerca de la dinámica de los bosques de coníferas en México. En: Coloquio sobre ecología contemporánea. México, D.F.

-----1978. Vegetación de México. Ed. Iirusa

Sánchez A.V. y Nepemuceno M.F.1986. Variación en poblaciones naturales de Pinus pocarpa Schiede. de Oaxaca y Chiapas. Memorias III Reunión de la Soc. Méx. de Genética. Soc. Mex. Gen. UNAM.

Serrano J.M.S.1986. Efecto de algunos factores ambientales en la germinación de Pinus ayacahuite var. veitchii Shaw bajo condiciones controladas. Tesis Profesional Chapingo Méx.

Shaw, G.R.1909. The pines of Mexico. Arnold Arboretum (1):1-19

Snedecor G.W.1978 Métodos estadísticos. Cía Edit. Continental México.

Stern, K. y I. Roche.1974 Genetics of Forest Ecosystems. Analysis and synthesis. Springer-Verlag, New York.

Stern, K. 1980. Genética de poblaciones como base de selección. En: Mejora genética de árboles forestales. Estudio -- FAO. Montevideo # 20p 21-22.

-----1987. Selección de semillas de Pinus strobus var. chiapensis Ntz. en contra localidades de su distribución natural Tesis Profesional. UNAM. México.

Toole, E.H.; Hendricks, S.D.; Northwick, H.A. y Toole, V.K. 1956 Physiology of seed germination. Ann. Rev. Plant. Physiol. (7): 299-324.

Thompson, P.A. 1981 Ecological aspects of seed germination. Advances in research and technology of seeds. Ser. 6 : 9-42.

Vargas H.J.J. 1985 Respuesta a la sequía de cuatro especies de Pinus en el estado de plántulas. Tesis M.Sc. Programa - Forestal, Colegio de posgraduados.

Velázquez H.M.A. y Yusálem S.M.A. 1985. Algunas características de conos y semillas de Pinus hartwegii Lindl. Memorias de la III Reunión Nacional de Plantaciones Forestales Pub. Esp. # 48 I.N.I.F.

Villagómez A.Y. y Patiño V.F. 1976. Los análisis de semillas y su utilización en la propagación de especies forestales. Bol. Div. # 40 I.N.I.F.-S.A.G. México.

Webb, D.B. 1980 Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. London U.K. Overseas Development Administration.

Wright, J.W. 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales. Estudios de Silvicultura y Productos forestales (16): 52-69. FAO. Roma.

-----1976. Introduction to forest genetics. Academic Press. New York U.S.A.

Wright, B.J. 1978. A simplified design for combined provenance and progeny testing. Silvae Genet. (27): 2.

Yañez M.O. 1981. Estudio de la variación de algunas características de Pinus atropus var. chiapensis Mtz. de tres localidades de su distribución natural. Tesis profesional. U.A.C.H. México.

Zobel B.J. 1964. Mejora genética de las propiedades de la madera de especies forestales. Unesylva 18(2-3) Cap. 9 FAO. Roma.

ANEXO 1.

PRINCIPALES ASPECTOS CONSIDERADOS POR WEBB (1980)
PARA PINUS GREGGII ENGELM

Taxonomía

1. Familia Pinaceae
2. Sinónimos P. pseudopatula (Bois.)
Hort.
3. Nombres vulgares -

Distribución natural

4. Latitud 20°N - 28°N
5. Areas Alturas Mexicanas

Clima

6. Rango altitudinal 2000 - 3000 metros
7. P.M.A 650 - 800 mm
8. Régimen de lluvia Verano
9. Estación seca (meses) 3 - 5
10. T. Man. Prom. del mes más
cálido 16 - 24°C
11. T. Min. Prom. del mes más
frío 5 - 10°C
12. T. Promedio Anual 10 - 15°C

Suelos

13. Textura Franco-arenosos, o arcillosos.
14. Reacción (pH) Neutros, o ácidos.
15. Drenaje Bueno
16. Otras características Suelos profundos

Silvicultura

17. Tamaño 15 - 18 metros de altura
18. Descripción Siempre verde
19. Forma Aceptable, Mala
20. Necesidad de luz Exigente de luz
21. Otras características Resistente a heladas

Rendimiento

22. Volumen 5 - 13 m³/ha/año

Usos conservacionales

23. Rompevientos

Madera

24. Densidad 0,45 - 0,48
25. Durabilidad natural No durable
26. Preservación Impregnación fácil
27. Trabajabilidad Fácil
28. Condiciones de secado Sin problema
29. Otras características Suave

Utilización

30. Madera aserrada Construcciones livianas
31. Madera rolliza Estacas, Pulpa de fibra larga
32. Otros productos -

Vivero

33. Fuentes de semilla México, Africa del Sur
34. Semillas por Kg. 70,000 - 80,000
35. Almacenaje En seco, en frío, durante
te varios años.
36. Pre-tratamiento Ninguno
37. Sistema de producción En bolsas
38. Necesidades especiales -
39. Tiempo de germinación y
transplante -

Plagas y enfermedades principales

40. No se ha mencionao nin-
guna de mayor importan-
cia.

Anexo 2. Ejemplificación del cálculo de componentes de variación para la longitud de cono

Para calcular los componentes de variación en porcentaje, (CV) que aparecen en la última columna de el cuadro de análisis correspondiente (Cuadro 9) se consideraron los siguientes parámetros en base al modelo estadístico II (Snedecor 1970)

Fuente de variación	Componente de variación
Poblaciones	$\sigma^2_E + n\sigma^2_f + n\sigma^2_p$
Arboles (dentro de poblaciones)	$\sigma^2_E + n\sigma^2_f$
Determinaciones (Error)	σ^2_E

Así el valor de los cuadrados medios equivalente a las determinaciones dentro de los árboles (Efecto aleatorio) localizado en la cuarta columna del cuadro 9, es igual a: $\sigma^2_E = 0.8808$

Mientras que los cuadrados medios esperados para los árboles o familias dentro de las poblaciones es:

$$\sigma^2_E + n\sigma^2_f = 7.4002$$

$$n\sigma^2_f = 7.4002 - \sigma^2_E$$

$$\sigma^2_f = \frac{7.4002 - 0.8808}{10} = 0.65194$$

10

donde:

$$n = \text{Número de observaciones por árbol} = 10$$

En tanto que para las poblaciones se tiene un valor de CM = 122.1733

$$\sigma^2_E + n\sigma^2_f = 7.4002$$

$$7.4002 + n\sigma^2_p = 122.1733$$

$$\sigma^2_p = 122.1733 - 7.4002$$

$$\sigma^2_p = \frac{114.7731}{100} = 1.147731$$

Donde :

f = Número de árboles o familias por población = 10

Entonces si la variación total es igual a:

$$\sigma^2_E + n\sigma^2_f + n\sigma^2_p$$

sumamos los valores correspondientes a cada fuente de variación quedando lo siguiente:

$$0.8808 + 0.65194 + 1.147731 = 2.680471$$

siendo este valor el 100% de la varianza total, por regla de tres se obtuvieron los porcentajes de variación correspondientes a cada fuente de variación.

Fuente de variación	Componente de varianza % (CV)
Poblaciones	$(1.1477)(100) / 2.6804 = 42.82$
Arboles dentro de poblaciones	$(0.6519)(100) / 2.6804 = 24.32$
Determinaciones (Error)	$(0.8808)(100) / 2.6804 = \underline{32.86}$
	100.00

Anexo 3

Lista de cuadros

- Cuadro 1. Datos tomados a los árboles que fueron seleccionados para las muestras.
- 2 Distribución del número de hojas por fascículo.
 3. Distribución porcentual del número de canales resiníferos por hoja.
 - 4 Distribución de la posición de los canales resiníferos (%).
 - 5 Análisis de varianza para la longitud de hojas.
 - 6 Prueba de comparación de medias (Tukey) para la longitud de hojas.
 - 7 Análisis de varianza para la longitud de vaina.
 - 8 Prueba de comparación de medias para la longitud de vaina.
 - 9 Análisis de varianza para la longitud de conos.
 - 10 Prueba de comparación de medias poblacionales para la longitud de conos.
 11. Análisis de varianza para el ancho de conos.
 - 12 Prueba de comparación de medias poblacionales para el ancho de conos.
 - 13 Análisis de varianza para el peso de los conos.
 - 14 Prueba de comparación de medias poblacionales para el peso de los conos.
 - 15 Análisis de varianza para la altura de apófisis.
 - 16 Prueba de comparación de medias para la altura de apófisis.

- Cuadro 17 Análisis de varianza para el número de semillas - por cono.
- 18 Prueba de comparación de medias poblacionales para el número de semillas por cono.
 - 19 Valores promedio estimados para el peso (gr.) de cien semillas.
 - 20 Análisis de varianza y estimación de los componentes de variación para la capacidad germinativa de Pinus greggii.
 - 21 Análisis de varianza para los días de inicio (D_1) días medios (D_{50}) y los días al final de la germinación (D_{100}) de Pinus greggii.
 - 22 Prueba de comparación de medias poblacionales para los días medios a la germinación.
 - 23 Análisis de varianza para la uniformidad germinativa.
 - 24 Análisis de varianza para el valor germinativo.
 - 25 Prueba de comparación de medias poblacionales para el valor germinativo.
 - 26 Resumen de los componentes de variación, su significancia en los análisis de varianza y valores medios para las características morfológicas de Pinus greggii Engelm.
 - 27 Valores promedio y prueba de Tukey para las características morfológicas en Pinus greggii Engelm.
 - 28 Componentes de varianza expresados como % de la variación total para la germinación de Pinus greggii Engelm.
 - 29 Valores promedio y prueba de Tukey (separadamente para D_{50} y VG para las características de la germinación de Pinus greggii Engelm.

Anexo 4

- Figura 1 Distribución natural de Pinus greggii Engelm. según Nepamuceno (1987).
- 2 Localización geográfica de los sitios de colecta.
 - 3 Representación esquemática de acículas y corte - transversal de la hoja, indicando las características estudiadas en Pinus greggii Engelm.
 - 4 Representación esquemática de las características morfológicas evaluadas en conos y escamas de Pinus greggii Engelm.

Tabla 1 Datos de ubicación de las cuatro poblaciones muestreadas en el área de distribución natural de Pinus greggii Engelm.