

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISION DE AGRONOMIA



Fenología y heredabilidades de emergencia y de características morfológicas
en plántulas de *Pinus johannis* M. F. Robert. de Zacatecas.

Por:

ANTONIO AGUILAR BALCAZAR

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Forestal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre de 1998

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO FORESTAL

FENOLOGIA Y HEREDABILIDADES DE EMERGENCIA Y DE CARACTERISTICAS
MORFOLOGICAS EN PLANTULAS DE *Pinus johannis* M. F. Robert. DE
ZACATECAS.

Por

Antonio Aguilar Balcazar

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO FORESTAL

APROBADA

Presidente del Jurado

Ing. Celestino Flores López

Coordinador de la División de Agronomía

M. C. Mariano Flores Dávila

Buenavista, Saltillo, Coah., México.

Noviembre de 1998

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO FORESTAL

FENOLOGIA Y HEREDABILIDADES DE EMERGENCIA Y DE CARACTERISTICAS
MORFOLOGICAS EN PLANTULAS DE *Pinus johannis* M. F. Robert. DE
ZACATECAS.

Por

Antonio Aguilar Balcazar

TESIS

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

INGENIERO AGRONOMO FORESTAL

APROBADA

Asesor principal

Ing. Celestino Flores López

Vocal

M. C. Salvador Valencia Manzo

Vocal

Ph. D. Miguel A. Capó Arteaga

Buenavista, Saltillo, Coah., México.
Noviembre de 1998

DEDICATORIA

A MIS PADRES

ENEDINO Y ADELA
quiero, por

Porque son los seres que más admiro y
su infinito amor y confianza, por el gran

esfuerzo

momentos

más,

y apoyo que me brindaron en todos los

más difíciles de mi carrera por todo esto y

gracias.

A MIS HERMANOS

FELIX, ESTRIBERTO, ESPERANZA,
muchas cosas

SONIA, CARLOS, LUCIA, ENEDINO
tengo una

YOYANI Y LUPITA (†).

confianza que

como soy y

une un gran

Que con amor y sacrificio se privaron de

para que saliera adelante, por que con todos

deuda en mi formación profesional, por la

me brindaron siempre para dejarme ser

sobre todo porque dentro de nosotros nos

amor.

A MIS SOBRINOS

siempre me han

Porque son la alegría de la casa y porque

demostrado un gran cariño

A MIS CUÑADOS Y (AS)

de ellos y

brindado.

Por sus buenos consejos que siempre recibí

por la confianza que siempre me han

A MI ESPOSA FELIPA Y

seguir

A MI HIJO

has

respeto en todo

Porque son la razón para seguir adelante y

triunfando en esta vida, porque siempre me

brindado tu apoyo, confianza, amor y

momento, y porque los amo.

AL ING. CELESTINO
un gran
confianza, me ha
sobre todo
gente se

por que más que ser mi maestro, asesor, es
amigo, que siempre me ha demostrado
enseñado a valorar el tiempo y el trabajo y
que es una persona que se interesa que la
supere.

A MIS ABUELOS Y FAMILIARES
comprensión que siempre
siempre me dieron

Por su generoso afecto, cariño y
me han brindado, por sus consejos que
fuerzas.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS
inolvidables, porque
JULIO, CELERINO, ANA BERTHA
personas
ESMERALDA, BERNARDO, PEDRO
Y VICENTE

Porque con ellos he convivido momentos
los considero una familia y porque son
responsables

AGRADECIMIENTOS

A DIOS., por darme la oportunidad de vivir, de permitirme gozar y aprovechar al máximo cada momento de la vida y por permitirme llegar a cumplir una meta más en mi vida.

A Mi ALMA MATER., Por darme la oportunidad de ser un profesional, ser un hombre de bien para la sociedad, ser la madre de mis conocimientos y porque en sus aulas, edificios pase momentos inolvidables.

AL ING. CELESTINO FLORES L., Asesor principal de este trabajo, por su interés en mi superación, su entusiasmo y decidido apoyo en la realización de la tesis.

AL MC. SALVADOR VALENCIA MANZO., Por su amistad y valiosos comentarios y observaciones que fortalecieron más el contenido del trabajo.

AL DR. MIGUEL A. CAPO A., Por las sugerencias y observaciones en la asesoría del trabajo, y por su apoyo incondicional con los materiales utilizados en invernadero.

AL DR. ALEJANDRO ZARATE., Por que me inducio en un principio a realizar trabajos de investigación y porque dentro de su proyecto de investigación, inculco siempre el trabajo y responsabilidad.

AL DR. JOSE L. HERNANDEZ M., Por su amistad, por ser una persona siempre abierta a la consulta y sobre todo porque enseña sus conocimientos y quiere que la juventud siempre triunfe.

AL ING. SERGIO BRAHAM Y AL SR. JOSE SOSA., Por su ayuda incondicional en el establecimiento del experimento en invernadero y por mostrarme el funcionamiento del mismo.

A EL PERSONAL DEL ÁREA SECRETARIAL DEL DEPARTAMENTO FORESTAL., especialmente a la Sra. Norma Claudia y Silvia Duran, Por su ayuda desinteresada.

A MIS AMIGOS., que ayudaron en la toma de información en invernadero Julio Omar Ramírez y Florencia Martínez Padilla.

A TODOS MIS COMPAÑEROS DE LA GENERACION LXXXLV., En especial a Ray Reyes R. Ramiro Juárez G. Francisco Cardoso. Carlos M. Balcazar.

A LAS FAMILIAS TREJO RUÍZ, ZENTENO VELAZCO Y VICTORIA CORONADO., Que me consideran un miembro más de su hogar; son gente sencilla, amables y que siempre he recibido de ellos consejos y una sonrisa.

A GEORGINA MUÑOZ., Por su dedicación, responsabilidad a su trabajo y por su amistad.

AL FUTURO ING. GIL., Por su amistad, por su buena labor que desempeña dentro del departamento forestal.

A TODOS LOS PROFESORES DEL DEPARTAMENTO FORESTAL., Gracias por su comprensión, por su paciencia y por su interés en superarse más.

LA ING. CELERINO CASTELAN., Por que es un gran amigo y un romántico de corazón de la rondalla de Saltillo.

A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DEL EQUIPO DE FUTBOL "LIVERPOOL"., Que son un ejemplo para la juventud, que nunca se rinde y siempre les gusta triunfar y ser los primeros.

PARA TODAS LAS PERSONAS., Que luchan por la verdad, por sacar adelante la NARRO y por mejorar el sector agropecuario en nuestro país.

INDICE DE CONTENIDO

	Páginas
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii

3.1 Trabajo de campo	27
3.1.1 Lugar de colecta de <i>Pinus johannis</i>	27
3.1.2 Clima, vegetación y suelo	27
3.2 Selección de árboles y colecta de conos	29
3.2.1 Selección de árboles	29
3.2.2 Colecta de conos	29
3.3 Extracción, separado y acondicionamiento de semillas	30
3.3.1 Extracción y acondicionamiento de semillas	30
3.3.2 Separado y acondicionamiento de semillas	30
3.4 Establecimiento del experimento en el invernadero	31
3.5 Diseño experimental	33
3.5.1 Modelo estadístico	35
3.5.2 Análisis estadístico	37

	Páginas
3.6 Características fenológicas de plántulas	37
3.7 Emergencia	38
3.8 Características morfológicas de plántulas	40
3.9 Heredabilidades	42
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 Fenología de plántulas	44
4.2 Emergencia	47

4.3 Características morfológicas de plántulas	50
4.3.1 Hojas cotiledonares	50
4.3.2 Diámetro a la base de la plántula	52
4.3.3 Longitud de hipocótilo y epicótilo	54
4.3.4 Altura total	55
4.3.5 Peso fresco	57
4.3.6 Peso seco	59
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
6 LITERATURA CITADA	65
ANEXOS	71

INDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Distribución en invernadero de las familias de <i>Pinus johannis</i> con sus respectivas repeticiones y el lote de reposición. -----	33
Cuadro 2. Componentes de varianza y heredabilidades para los Indices de germinación de Czabator, índice de germinación Djavinsher y Pourbeik y porciento de emergencia total para <i>Pinus johannis</i> . -----	48
Cuadro 3. Componentes de varianza y heredabilidades para las variables número, longitud de hojas cotiledonarres a los tres meses de	

edad en plántulas de <i>Pinus johannis</i> . -----	51
Cuadro 4. Componentes de varianza y heredabilidades para la variable diámetro a la base de la planta a los tres y seis meses de edad en plántulas de <i>Pinus johannis</i> -----	53
Cuadro 5. Componentes de varianza y heredabilidades para las variables longitud de hipocótilo y epicótilo a los tres y seis meses de edad en plántulas de <i>Pinus johannis</i> . -----	55
Cuadro 6. Componentes de varianza y heredabilidades para la variable altura total a los tres y seis meses de edad en plántulas de <i>Pinus johannis</i> . -----	56
Cuadro 7. Componentes de varianza y heredabilidades, para las variables morfológicas de biomasa en verde de peso total, aéreo y radicular fresco a los tres y seis meses de edad para plántulas de <i>Pinus johannis</i> . -----	58
iv	
	Páginas
Cuadro 8. Componentes de varianza y heredabilidades, para las variables morfológicas de peso total seco (PTS), peso aéreo y radicular seco (PAS y PRS), a los tres y seis meses de edad, para plántulas de <i>Pinus johannis</i> . -----	60

v
INDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1a. Temperatura máxima, mínima y media para la región de Mazapil, Zacatecas, en un periodo mayor de 20 años. -----	28
Figura 1b. Precipitación total, máxima y mínima, para la región de Mazapil, Zacatecas, en un periodo de 20 años. -----	28
Figura 2. Calendario de eventos fenológicos de 25 familias y un testigo en plántulas de <i>Pinus johannis</i> , del período 5 de Octubre al 5 de diciembre de 1997. -----	45
Figura 3. Valores promedios de eventos fenológicos en invernadero de 25 familias y un testigo de <i>Pinus johannis</i> -----	46

vi
RESUMEN

Los objetivos del estudio fueron conocer la fenología, la variación genética de la emergencia y valores de germinación, así como de características morfológicas en plántulas de *Pinus johannis*, bajo condiciones de invernadero a 3 y 6 meses.

Se colectaron conos de 36 familias de una población natural de *Pinus johannis* Robert, en el camino Concepción del oro a Mazapil, Zacatecas; en los parajes Puerto del Dique, El Cobre y Salaverna. De las 36 familias solo 25 fueron utilizados en el estudio.

El experimento se estableció bajo condiciones de invernadero. con temperatura promedio de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y contenido de humedad del 80 al 90%; el sustrato utilizado fue Peatmoss, perlita, vermiculita y germinaza en una proporción de 4:2:2:1 respectivamente, en charolas de styrobloc de 160 cavidades.

Las 25 familias más el testigo se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar, con 4 repeticiones y 50 plántulas por parcela. Las características evaluadas fueron fenología, emergencia, morfología y heredabilidades en plántulas.

En la fenología se evaluaron 4 etapas, no emergencia, emergencia, brote de hojas cotiledonares y presencia de hojas primarias durante 6 meses. En emergencia se evaluó el porcentaje de emergencia total, el índice de germinación de Czabator y el de Djavanshir y Pourbeik. En morfología las características evaluadas fueron número, longitud y ancho de hojas cotiledonares, diámetro a la base de la plántula, longitud de hipocótilo y epicótilo, altura total, para estas características solo se evaluaron 17 familias y se tomó una muestra de 5 plántulas; también se evaluó peso fresco y seco, utilizando las 25 familias y una muestra de 2 plántulas por repetición; las características se evaluaron a los 3 y 6 meses. Se realizaron los análisis de varianza y se obtuvieron los componentes de

varianza, se estimaron las heredabilidades individuales y de medias de familias, para las características antes mencionadas.

Para la etapa fenológica se encontró que la semilla estuvo en estado de no emergencia entre 10 y 12 días, la emergencia se inicio entre los 11 y 13 días, la presencia de hojas cotiledonares se presentó entre 14 y 16 días, donde hubo mayor uniformidad fue para brote de hojas primarias que se inicio a los 24 días.

En emergencia, los análisis de varianza demostraron diferencias altamente significativas, para los dos índices de germinación de Czabator, Djavanshir y Pourbeik y para el porcentaje de emergencia total. En los componentes de varianza la mayor variación corresponde a efectos de familia y en proporción baja por efecto del error. Las heredabilidades fueron altas, siendo la heredabilidad individual mayor que la heredabilidad de medias de familias.

En morfología, para la mayoría de las variables el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas. Los componentes de varianza mostraron que la mayor variación para todas las variables corresponden al efecto del error dentro de familias, sin embargo sobresale la proporción de la variación entre familias en relación con la del error experimental. Los valores estimados de heredabilidad en la mayoría de las variables son altos, en parte debido a que la variación entre familias se manifiesta en una proporción aceptable, también por la posibilidad de que algunos individuos sean hermanos completos, así como de otros efectos genéticos no considerados; también se observó que para las variables medidas a los 3 meses las heredabilidades son altas, pero estas disminuyen a los 6 meses de edad.

1 INTRODUCCION

Nienstaedt (1990) menciona que la variación natural es la materia prima del mejoramiento genético forestal, sin variación en la adaptabilidad a condiciones ambientales, en la velocidad de crecimiento, en las características de la madera o en la resistencia frente a enfermedades, no sería posible producir genotipos con crecimientos rápidos, resistentes a enfermedades y bien adaptados a las condiciones ambientales.

Si no hubiera una suficiente variación genética en las características de interés económico, cualquier intento por utilizar la genética para mejorar los árboles forestales sería infructuoso o fracasaría. La existencia de la variación entre especies, razas e individuos dentro de las especies, no es difícil de demostrar, pero la determinación de sus causas requiere mucho tiempo y es muy costoso (Zobel y Talbert, 1988).

Pinus johannis crece bajo condiciones ambientales difíciles, es considerada una especie endémica y en peligro de extinción (SEDESOL, 1994; Perry, 1991). Han sido escasos los estudios sobre esta especie, concentrándose en descripción taxonómica, aspectos ecológicos y germinación.

Sin embargo aspectos como fenología, morfología y heredabilidades en plántulas no se han estudiado; la fenología en plántulas puede ayudar a la diferenciación de la especie así como a la caracterización de familias o procedencias de rápido desarrollo como patrón de referencia, en la selección de plántulas, así como apoyo para programar actividades de producción en invernadero. Lo mismo interesa conocer la variación morfológica ya que es una base de apoyo que ayuda a diferenciar poblaciones que pudieran ser potenciales, además de que se contribuye a un mejor

conocimiento sobre la taxonomía de la especie (Eguiluz, 1984). Además las características morfológicas, deben de cubrir una de las primeras fases en los estudios de procedencias; la enorme variación en características morfológicas y de importancia económica ha sido de importancia para botánicos, genetistas y organizaciones industriales forestales para obtener germoplasma de alta calidad genética, para programas de mejoramiento genético y plantaciones (Callaham, 1964).

La heredabilidad y ganancia genética son de importancia fundamental para estimar los beneficios que pueden obtenerse de los programas de selección. Por lo tanto la heredabilidad y ganancia genética son parámetros que expresan la proporción de la variación genética en la población, por lo regular esto se hace para árboles adultos (Zobel y Talbert, 1988).

El presente trabajo presenta la fenología y heredabilidades tempranas en emergencia y características morfológicas de plántulas de *Pinus johannis*.

1.1 Objetivos

- a). Conocer la fenología en plántulas de *Pinus johannis* bajo condiciones de invernadero

- b). Evaluar la variación genética en capacidad de emergencia y vigor de plántulas.

- c). Determinar las heredabilidades en plántulas de *Pinus johannis*, para características morfológicas entre familias, bajo condiciones de invernadero para la edad de tres y seis meses.

2 REVISION DE LITERATURA

2. 1 Descripción de *Pinus johannis* Robert

Robert (1978) describe al *Pinus johannis* como un arbusto de 1 a 4 metros de alto, ramificado desde la base, habitualmente más ancho que alto, copa densa de color verde claro en forma de sombrilla, con tallo corto; pero Perry (1991) menciona que es casi arbustivo, con muchos tallos, quizá más arbusto que árbol, que presenta un tronco dominante. Esta especie pocas veces alcanza una altura de 4 metros, la altura más común es de 2 a 3 metros, es muy extendido con ramas externas prolongadas de 3 a 4 metros; la copa es baja, densa y redondeada.

Robert (1978) y Perry (1991) coinciden que las acículas son en número de 3 a veces 2 y raramente 4 por fascículo, flexibles, de 3 a 5 cm de longitud y de 0.9 a 1.2 mm de ancho, con sección transversal triangular; son de color verde azulado en la cara dorsal, opacas y glaucas en las caras ventrales; el ápice es acicular y el borde entero; no presenta estomas en la cara dorsal, pero posee de 3 a 8 filas de ellas en las caras ventrales; los canales resiníferos son en número de 2, son externos y están situados cercanos a la cara dorsal.

La corteza de un árbol joven es lisa y gris, y en la madurez el árbol multiplica sus ramas y la corteza es más áspera y rugosa (Perry,1991). Al respecto, Robert (1978) menciona que la corteza es irregularmente cuadrículada.

Los conillos femeninos son erguidos y óvalos, solitarios o en pares; con una longitud de 9 a 11 mm y ancho de 5 a 7 mm y son de color moreno; los conos son oblongos con un corto pedúnculo (3 a 4 mm de largo) son dehiscentes y caedizos; tienen una longitud de 3 a 4.4 cm y 2.2 a 3.2 cm de diámetro, son resinosos; las escamas son en número de 30 a 40 duras y rígidas, de color gris verdoso a marrón,

de 20 a 23 mm de largo por 13 a 15 mm de ancho y de 5 a 6 mm de grosor, solamente las escamas de la parte media son las que poseen semillas fértiles, los conos de la base y la parte terminal del árbol son generalmente pequeños y estériles, el apófisis de las escamas es romboidal y dura (Perry, 1991; Robert, 1978).

Las semillas son ápteras con un tegumento externo duro y de 0.15 a 1 mm de espesor; miden de 8 a 13 mm de largo, en promedio 2200 semillas pesan un kilogramo; el endospermo es blanco y comestible, el embrión tiene de 6 a 11 cotiledones; el número promedio de hojas cotiledonares es de 9 (Robert, 1978; Perry, 1991) pero, Niembro (1986) reporta un número de hojas cotiledonares de 11 a 18.

La madera presenta un color amarillo pálido a castaño y es utilizada como leña para combustible (Perry, 1991).

2.2 Aspectos ecológicos de *Pinus johannis*

Robert (1978) menciona que esta especie crece en una zona donde la presión humana sobre las comunidades forestales data desde el siglo XVI, a raíz del descubrimiento de las minas de Mazapil que fueron en 1568. Donde la actividad minera sobre esta población era tan intensa que duro hasta fines del siglo XIX, consecuentemente la presión humana sobre el bosque ha disminuido pero los rebaños de cabras y borregos aún pastan libremente. El mismo autor determina su localización a bordo del camino de Concepción del Oro a Mazapil en los parajes “Puerto El Dique”, “Cerro El Guaje”, “Cerro El Bofe”, en el municipio de Mazapil, Zacatecas, por su parte, Perry (1991) recientemente ubica esta especie formando pequeños manchones cerca

de los poblados de Miquihuana, Tamaulipas y Aramberri, Nuevo León. Esta especie la han recomendado para proteger a suelos degradados en la lucha contra la erosión (Perry, 1991).

Respecto a la posición topográfica, este bosque se desarrolla en ladera de sierra, con una exposición Noreste; con una pendiente promedio del 43% y una altitud de 2,820 msnm, la geoforma hace que el suelo esté menos protegida de los vientos (Perry, 1991); la ladera de montaña y la condición muy escarpada hace que el suelo esté completamente desnudo y con alto porcentaje de piedra caliza (Aldrete, 1981).

Robert (1978) menciona que el suelo sobre el cual se desarrolla *Pinus johannis* es una rendzina lítica de textura arenosa, con un pH promedio de ocho. Pero Aldrete (1981) hace referencia a otras características del suelo a partir de un perfil de suelo, donde reporta la profundidad del suelo de 0 a 15 cm, la textura con 50% de arena, 24% de limo y 26% de arcilla; presenta una coloración de acuerdo a la tabla de Munsell, en seco (5YR4/1.5) y húmedo (5Y R4/2); un pH en agua 1:1 de 7.7; contenido de materia orgánica de 6.5% y carbono orgánico de 3.8% así también menciona que sobre la condición de la superficie del suelo para esta región es un suelo desnudo de 3.81%, contenido de piedras 30.92%, mantillo 5% y la existencia de vegetación de 8.55%, lo anterior es debido a la gran cantidad de hojarasca que producen los pinos, y a sus características de lenta descomposición.

Mendoza (1983) reporta para Mazapil una fórmula climática C(x') b (e'), la cual corresponde a un clima húmedo, templado, con verano fresco largo, muy extremo con lluvias de invierno inferiores al 36% de la total anual y una temperatura media anual de 17.2 °C.

Robert (1978) menciona que el estrato arbustivo presente en el área de distribución asociada con *Pinus johannis* comprende especies como *Quercus intricata*, *Rhus trilobata*, *Ceanothus greggii* y *Juniperus sp*; no rebasan una altura de 2 m, entre las gramíneas están *Bouteloua gracilis* y *B. curtipendula*. Por otra parte, Aldrete (1981) identifica tres estratos los cuales están constituidos por las siguientes especies:

a) Estrato herbáceo. *Muhlenbergia rígida*, *Piptochaetium fimbriatum*, *Bouteloua graciles*, *Stipa eminens*, *Bouteloua barbata*, *Lycurus phleoides*, *Muhlenbergia emersleyi*, *M. dubia*, *Mandevillea karwinskii*, *Erioneuron grandiflorum*, *Gilia rigidula*, con altura media de 33.39 cm; una densidad relativa del 85.86% y una cobertura de 38.14%.

b) Estrato arbustivo. *Hedeoma plicatum*, *Baubardia ternifolia*, *Stevia stenophylla*, *Agave striata*, *Chrysactinia mexicana*, *Gymnosperma glutinosam*, *Baccharis ramulosa*, *Viguiera greggii*, *Lindlella mespiloide*, *Agave lechugilla*. Con una altura media de 20.90 cm, densidad relativa del 11.75% y una cobertura relativa de 25.48%.

c) Estrato subarbóreo. *Pinus johannis*, *Dasyllirion leiophyllum*, *Pinus cembroides*, *Yucca carnerosana*, con altura media de 106.77 cm, densidad relativa del 2.39% y una cobertura relativa de 53.47%.

2. 3 Germinación y emergencia de plántulas

2. 3. 1 Germinación

Hartmann y Kester (1981) han definido a la germinación como la emergencia del embrión de la semilla y su transformación en una plántula independiente, capacitada para sintetizar su propio alimento. Diehl y Mateo (1978)

mencionan que una semilla sólo podrá germinar si reúne las siguientes características: que no haya sobrepasado el límite de longevidad, estar normalmente constituida por embrión y reservas intactas, tener tegumentos permeables y que la semilla haya alcanzado su madurez fisiológica.

La reanudación de la vida activa del embrión queda bajo la estrecha dependencia de la absorción de una cierta cantidad de agua y únicamente puede producirse en un medio aireado y a una temperatura suficiente (Diehl y Mateo, 1978)

La respuesta a la temperatura depende de la especie, variedad, región de crecimiento, duración después de la cosecha; semillas de regiones templadas requieren temperaturas más bajas que las semillas de regiones tropicales (Moreno, 1996). La temperatura óptima de germinación para la mayoría de las semillas es entre 15 °C y 30 °C; la máxima es entre 35 °C y 40 °C (Moreno, 1996).

Por otra parte, algunas causas importantes por lo que muchas veces las semillas no germinan son: dormancia, productos químicos, daño mecánico, semillas inmaduras, daño por secado y daños por insectos (Moreno, 1996).

2. 3. 2 Emergencia

Camacho (1994) menciona que las semillas generalmente germinan enterradas, por lo que mediante la emergencia las plántulas deben lograr que los tallos emerjan del suelo, para que las hojas alcancen la luz; en las gimnospermas, dicotiledóneas y en algunas monocotiledóneas se forma un gancho de emergencia, que es una curvatura del tallo o del cotiledón, que coloca a las hojas y/o a los tejidos nutritivos con sus bases

hacia arriba, de manera que opongan la menor resistencia. De acuerdo con el tipo de emergencia, las plántulas tienen tres clasificaciones.

La primera es la epígea, que sacan a los tejidos nutritivos del suelo, en las gimnospermas y en las dicotiledóneas, el gancho de emergencia se forma en el hipocótilo, con el crecimiento de éste, las plántulas sacan los cotiledones del suelo, los cuales por lo general se hacen fotosintéticos. En la hipógea, los tejidos nutritivos permanecen dentro del suelo o sobre éste si las semillas no se entierran. En dicotiledóneas el gancho de emergencia corresponde a el epicótilo por debajo de la plúmula, el hipocótilo no se desarrolla. Y en la semihipógea, la emergencia está a cargo del desarrollo de el epicótilo como las anteriores, pero una vez que se desarrollan las primeras hojas, se inicia el crecimiento del hipocótilo que eleva los cotiledones del suelo, los cuales generalmente no llegan a ser fotosintéticos, por ejemplo el chalchihuite (*Inga edulis*).

2. 4 Morfología y fenología de plántulas

2. 4. 1 Morfología

Bidwell (1990) define la morfología vegetal como la forma o estructura de un organismo o cualquiera de sus partes, es decir, estudia las características físicas y visibles que pueden ser observadas en un organismo. Al respecto, Durye (1984) menciona que el mejor criterio para estudiar la morfología de plántulas está basado en características tales como: altura, diámetro, biomasa de la raíz y la relación raíz parte aérea.

En las características morfológicas de pinos, la germinación es seguida por el desarrollo secuencial de tres tipos de apéndices foliares, las hojas cotiledonares, hojas primarias y las hojas secundarias; las hojas cotiledonares son las hojas del embrión y alcanzan su máximo grado de desarrollo durante la germinación; bajo condiciones favorables de 2 a 3 semanas después de la germinación se manifiesta el crecimiento del epicótilo con el consiguiente desarrollo de las hojas primarias (Koslowski, 1971).

A medida que las hojas primarias inician su crecimiento y desarrollo, en las axilas de algunas de estas hojas se producen los meristemas que posteriormente darán origen a las hojas secundarias, a partir de estos momentos las diferencias en la morfología y tasa de crecimiento y desarrollo de las plántulas de las diferentes especies de pinos comienzan a ser evidentes (Koslowski, 1971). Las hojas primarias crecen rápidamente, el epicótilo crece y se torna más resistente incrementa su tamaño y desarrollo; las hojas primarias son las que se presentan en una plántula durante la primera estación de crecimiento, al iniciarse la segunda estación de crecimiento aparecen las hojas secundarias, mientras que las primarias se reducen a catáfilos.

Ruíz y Velazco (1994) evaluaron características morfológicas de plántulas de 20 procedencias de *Pinus engelmannii*, en la cual encontraron que el número de hojas cotiledonares fue de ocho y la longitud de 2.9 cm, longitud de hipocótilo fue de 1.8 cm. Para la edad a siete meses encontraron los siguientes valores: altura de la plántula de 4.3 cm, diámetro del hipocótilo de 1.9 mm, longitud de la raíz principal de 23.9, número de raíces laterales de 5.9, número de raíces en crecimiento de 4.00, peso fresco de la parte aérea 0.60 gr, peso fresco de la raíz 0.60 gr, peso seco de la parte aérea 0.20 gr,

peso seco de la raíz 0.15 gr, peso seco total 0.33 gr, relación peso seco radical por peso seco parte aérea 0.84 gr.

2. 4. 2 Fenología

La fenología se ha caracterizado como el estudio de fenómenos biológicos que revisten un carácter rítmico y periódico como son: la floración, la fructificación, la maduración de las semillas y la dispersión, el rompimiento de la latencia, inicio y desarrollo del crecimiento vegetativo de tallos y raíces, en cuyos casos son determinantes los factores climáticos (Ramírez y Napamuceno, 1986). Bello (1983) menciona que cada fase distintiva dentro de cada ciclo de vida de una especie es llamada fenofase; la forma en que ocurren las fenofases a lo largo del año es llamada "fenodinámica"; la elaboración de la fenodinámica para cada especie en una comunidad o su presentación es llamada "espectro fenológico". Respecto a las fases fenológicas, Lieth (1970) define tres términos relacionadas con la fenología de las especies; la fenofase, que son las etapas individuales del ciclo biológico de las especies, tales como la floración, fructificación, dispersión de semillas, entre otras; el fenoespectro o espectro fenológico, se llama al conjunto de fenofases, es decir; al ciclo completo de las fenofases del desarrollo vegetativo; y la fenometría, que es todo método adaptado para cuantificar una o todas las fonofases de un ciclo biológico, por ejemplo: medir la biomasa a determinada edad, el crecimiento, germinación, etc.

En sentido más amplio, el espectro de estructuras de crecimiento y desarrollo de las especies generadas por interacción genotipo-ambiente, están incluidos en términos de fenología; el espectro fenológico en los pinos comprende las siguientes fenofases: período de latencia, rompimiento de la latencia o inicio del crecimiento de las ramillas,

formación y maduración de las estructuras reproductivas, polinización y fertilización del óvulo, desarrollo del fruto y del embrión, crecimiento en diámetro del tronco, dispersión y germinación de la semilla (Lieth, 1970).

En un estudio de crecimiento y distribución de biomasa en plántulas de *Pinus engelmannii*, se utilizaron 20 procedencias. Se evaluó aspectos fenológicos como: emergencia de plántulas donde el 50% de éstas se completaron a los 14 días después de la siembra y el 78% a los 42 días. Presencia de yemas que originan las hojas secundarias ocurrió en promedio a los 125 días y la aparición de las hojas secundarias fue a los 152 días; a los 295 días después de la siembra todas las plántulas tenían el epicótilo alargado (Ruíz y Velazco, 1994).

2. 5 Variación natural

2. 5. 1 Patrones de variación natural

Nienstaedt (1989) menciona que para usar la variación natural se debe conocer la magnitud de la variación y los patrones de variación; la magnitud de la variación determinará si es factible mejorar las características e influir en el método de selección y la ganancia que sea posible obtener por su parte, el patrón de variación limitará el área donde sea posible seleccionar los padres superiores para los huertos semilleros; los patrones pueden ser los resultados de las fuerzas selectivas del ambiente, si es que los patrones corresponden con la variación de los factores ambientales.

La variación clinal se da cuando el factor ambiental forma un gradiente, la variación genética será gradual también y las poblaciones diferenciadas se

caracterizarán por cambios continuos de un área a otra; a veces es posible demostrar que dos características no responden al mismo factor ambiental o responden de manera diferente a un factor ambiental, los factores que pueden causar clinalidad, son la temperatura, la precipitación, el fotoperíodo o combinaciones de los tres (Nienstaedt, 1989).

La variación ecotípica se encuentra cuando la distribución de las especies es discontinua separada de un factor geográfico o en casos donde haya un cambio ambiental discontinuo. La distribución de las especies es interrumpida geográficamente y las respuestas de las dos poblaciones son distintas y no se traslapan (Nienstaedt, 1989).

2. 5. 2 Niveles de variación

Zobel y Talbert (1988) señalan que los niveles de variación que se han identificado en especies de árboles son: la variación geográfica o de procedencias, variación entre sitios, variación entre rodales dentro de sitios, variación entre árboles dentro de un rodal y variación dentro del rodal.

En la variación geográfica o de procedencias, las diferencias geográficas genéticamente controladas suelen ser grandes, especialmente en el caso de las características relacionadas con la adaptabilidad, dichas diferencias son de importancia fundamental y el éxito de cualquier programa de mejoramiento genético forestal depende del conocimiento y uso de la variación geográfica dentro de la especie de interés. Las diferencias geográficas dentro de la especie con frecuencia no son fáciles de definir y los límites no están por lo general bien definidos, a menos que exista una

separación ambiental definida (Zobel y Talbert, 1988). En la variación entre sitios, las diferencias dentro de una procedencia son grandes y bastante comunes, por lo que deben considerarse como importantes al momento de muestrear poblaciones naturales aún cuando por lo general resultan ser de naturaleza ambiental y no genética (Zobel y Talbert, 1988).

La variación entre los rodales dentro de sitios es tan pequeña que puede ignorarse. La diferencia sería el resultado del muestreo efectuado en una población pequeña, sin embargo, esto no es tan válido cuando el bosque ha sido intervenido con actividades de manejo forestal (Zobel y Talbert, 1988).

La variación entre árboles dentro de un rodal es el principal tipo de variación genética que el genetista utiliza en un programa de selección y cruzamiento genético. La variación natural individual aún en árboles de una misma especie es muy alta, sin importar que se encuentren creciendo en el mismo rodal. La variación dentro del árbol existe únicamente para algunas características dentro del árbol por ejemplo en el follaje y peso específico de la madera (Zobel y Talbert, 1988).

2. 5. 3 Causas que originan la variación genética

La variación que existe de forma natural en los rodales silvestres son resultado de las fuerzas naturales (Zobel y Talbert, 1988). El mejorador puede hacer uso de ésta, si es capaz de reconocerla y seleccionar en árboles individuales en forma de genotipos mejorados. La fuente de toda la variabilidad son las mutaciones, pero también actúan otras grandes fuerzas para aumentar o disminuir la variación dentro de

rodales. En términos generales, la variabilidad en rodales naturales es debido a cuatro grandes fuerzas, la mutación y el flujo génico aumentan la variación, la selección y deriva génica disminuyen la variación (Zobel y Talbert, 1988).

La mutación, son cambios heredables en la constitución genética de un organismo, por lo común a nivel de gene, las mutaciones ocurren con bastante frecuencia en cualquier punto del organismo, pero esto no suele ocurrir para cualquier gene específico, o bien para una característica dada de un árbol. Aunque las mutaciones, pueden ser raras y pequeñas originan una variación que quizá hace que un árbol se adapte mejor a medida que los ambientes cambien (Zobel y Talbert, 1988). Por otra parte, Spurr y Barnes (1980) mencionan que la mutación es la primera fuente de variación, la cual incluye cambios en la estructura de los genes en la posición individual y las aberraciones cromosómicas, tales como duplicaciones, supresiones, inversiones y translocaciones.

El flujo génico es la migración de alelos de una población, donde pueden faltar o estar con una frecuencia distinta. El flujo génico se debe a varias causas pero la más común es el movimiento de polen o de la semilla (Zobel y Talbert, 1988). Por su parte, Spurr y Barnes (1980) señalan que el flujo genético es una fuerza cohesiva que actúa para mantener la diversificación de las poblaciones. Los factores aislantes tales como la distancia entre las poblaciones o la separación ecológica, actúan como barreras que interrumpen el flujo génico. Los factores que restringen el flujo génico son: cantidad limitada de árboles, épocas diferentes de floración por individuo y límites de dispersión de polen y semillas.

La selección es una de las fuerzas más importantes que reduce la variación, puesto que determina que árboles crecerán y se reproducirán, el cual tiene efecto direccional no al azar. La selección natural favorece al más apto, es decir aquellos que tienen una mejor combinación genética que lo hace estar mejor adaptado a un ambiente determinado (Zobel y Talbert, 1988). Sobre este apartado, Hocker (1984) menciona que aquellos genotipos que no se adapten a un ambiente particular mueren y sus características genéticas desaparecen si no dejan progenie.

La deriva génica es un mecanismo complejo que opera a través de fluctuaciones aleatorias, no por selección en la frecuencia de alelos de una población, sino que es un fenómeno de muestreo en que las frecuencias génicas de las poblaciones de progenie se desvían al azar de las encontradas en las poblaciones parentales (Zobel y Talbert, 1988). Por su parte, Ayala y Kiger (1984) señalan que este principio significa que cuanto más pequeño sea el número de individuos reproductores en una población, mayores serán probablemente los cambios de frecuencia alélica debido a las derivas génicas.

2. 5. 4 Importancia de la variación

La biodiversidad está compuesta de los recursos genéticos del mundo y para manejarlos efectivamente se tiene que medir sus niveles y patrones de variación. La biodiversidad es el número de especies (riqueza de especies) en un área, lo cual ciertamente es un componente muy importante de la variación. Una gran cantidad de la variación genética reside dentro de especies, entre y dentro de poblaciones. Los procesos evolutivos que moldean la variación dentro de especies son los mismos que crean la diversidad entre especies (Furnier, 1997).

Los niveles de variación genética dentro de especies y poblaciones son importantes en el manejo de recursos genéticos, porque la variación sirve como materia prima de la evolución y esta relacionada con la habilidad de las poblaciones para adaptarse a cambios ambientales (Furnier, 1997). Si hay pocas diferencias entre poblaciones, la pérdida de cualquier población no es tan grave debido a que no se pierde una unidad única genéticamente; por otra parte, si las poblaciones son muy diferenciadas, cada una representa un recurso único y se tendrá que mantener más poblaciones en programas de conservación y mejoramiento, y por consecuencia costará más (Furnier, 1997).

2. 6 Heredabilidad y ganancia genética

2. 6.1 Heredabilidad

Zobel y Talbert (1988) expresan la heredabilidad como la proporción de la variación en una población y es resultado de diferencias genéticas, que indica el grado al cual los progenitores transmiten sus características a sus descendientes, por otra parte, Balocchi y Delmastro (1993) mencionan que la heredabilidad en la mayoría de los rasgos o caracteres de un individuo son heredados por la acción de genes de muchos loci y cada uno de los cuales contribuye un poco a la herencia de esos rasgos.

Para determinar la heredabilidad, Zobel y Talbert (1988) mencionan que primero se tiene que conocer la varianza aditiva (σ^2A) y la varianza no aditiva (σ^2NA). La varianza aditiva es aquella que presenta siempre el mismo efecto independientemente de otros genes y la variación no aditiva es la producida por genes en el mismo individuo (Balocchi y Delmastro, 1993). Se conocen dos tipos de heredabilidad, la heredabilidad en sentido amplio (H^2) y la heredabilidad en sentido estricto (h^2). La heredabilidad en sentido amplio es la porción de la varianza total que es causada por todos los factores genéticos.

$$H^2 = \frac{\sigma^2A}{\sigma^2\rho} = \frac{\sigma^2A + \sigma^2NA}{\sigma^2A + \sigma^2NA + \sigma^2\rho}$$

Donde: H^2 = heredabilidad en sentido amplio
 σ^2A = varianza aditiva
 $\sigma^2\rho$ = varianza fenotípica
 σ^2NA = varianza no aditiva

Por lo tanto la heredabilidad en sentido amplio (H^2) es aplicada totalmente en la propagación asexual, ya que el fenotipo del individuo no sufre cambio, llevando consigo los efectos aditivos dominantes y epistáticos.

La heredabilidad en sentido estricto (h^2) es la porción de la varianza total debido a genes con efecto aditivos.

$$h^2 = \frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 T} = \frac{\sigma^2 A}{\sigma^2 A + \sigma^2 NA + \sigma^2 E}$$

Donde: h^2 = heredabilidad sentido estricto
 $\sigma^2 A$ = varianza aditiva
 $\sigma^2 T$ = varianza total

σ^2_{NA} = varianza no aditiva
 σ^2_E = varianza ambiental

La heredabilidad en sentido estricto (h^2) nunca es mayor que la heredabilidad en sentido amplio, si la varianza genética es de tipo aditivo, ambos tipos de heredabilidad son iguales. Esta es la más utilizada en la propagación sexual ya que la combinación de los genes de los progenitores que pueden manifestar un efecto acumulativo en su progenie. Es la más utilizada, debido a la mayoría de los bien seleccionados que obedecen a efectos de tipo aditivo (Zobel y Talbert, 1988).

Es importante considerar que la heredabilidad tiene valores que; varían de 0 a 1, es particular de un sólo carácter a la vez, es válida sólo para el sitio y condición de medio donde se estimó, cambia con la edad, llegando a desaparecer en árboles maduros, válido solo para el individuo, familia o población donde se estimó aun siendo la misma especie debido a que cambia con el ambiente, no se debe estimar la heredabilidad en parcelas con gran competencia (Zobel y Talbert, 1988).

Balocchi y Delmastro (1993) añaden también que la heredabilidad puede ser calculada para diferentes niveles o estructuras familiares tales como: individuos familias de medios hermanos, familias de hermanos completos, clones, etc.

2. 6. 2 Ganancia genética

De acuerdo con Eguiluz (1989) para determinar la ganancia genética se debe conocer la heredabilidad en sentido estricto (h^2) y el diferencial de selección (S). Respecto a este último punto (Zobel y Talbert, 1988) mencionan que se obtiene a

través de la diferencia existente entre la media de los individuos seleccionados (X_s) y la media de la población (X_p). Simbólicamente se expresa como: $s = X_s - X_p$

Cuando los individuos se seleccionan únicamente por sus valores fenotípicos, sin información parental, la ganancia genética se estima con la fórmula siguiente:

$$G = h^2s$$

Donde: G = ganancia genética

h^2 = heredabilidad en sentido estricto

s = diferencial de selección

Es importante mencionar que parte de la superioridad de los progenitores seleccionados tienen como causa la genética y el resto es ambiental. La superioridad ambiental no se trasmite del progenitor a la descendencia. Por otra parte, en programas de mejoramiento genético de la población, donde se cruzan muchos progenitores seleccionados, se utiliza la varianza genética aditiva; esta es la razón que en la ecuación anterior se utilice la heredabilidad en sentido estricto (h^2) (Zobel y Talbert, 1988).

El diferencial de selección que el mejorador utilice depende de dos factores, la intensidad con la cual se hace la selección y la desviación estándar fenotípica. Es por eso que los genetistas prefieren expresar la ganancia genética por la fórmula:

$$G = ih^2\sigma_p$$

Donde: i = intensidad de selección

h^2 = heredabilidad

σ_p = desviación estándar fenotípica

Por lo tanto, la intensidad de selección como la variación fenotípica afectan las ganancias que pueden lograrse, por tal motivo el genetista debe manejar una población bastante grande para obtener una ganancia útil a partir de la selección (Zobel y Talbert, 1988). Al respecto, Eguiluz (1989) menciona que a medida que el diferencial de selección aumente la ganancia o el progreso de selección, será mayor, sin embargo al seleccionar una porción pequeña de la población, la consanguinidad aumenta, poniendo en peligro la mejora a mediano y largo plazo. La ganancia genética puede ser elevada de cuatro formas: volumen, calidad, adaptabilidad (incluye resistencia a plagas y enfermedades) y costos de producción.

2.7 Estudios de variación en plántulas de coníferas

En el estudio de variación morfológica en acículas, conos y plántulas con distintas procedencias de *Pinus cembroides* realizado por Muñoz (1995) encontró en el aspecto morfológico de plántulas, que en el número de cotiledones no hubo diferencias entre procedencias, para altura del hipocótilo las procedencias Camino al Vergel y Guerrero, Chih. desarrollaron más su crecimiento respecto Santa Victoria, Coah. y San Sebastián, S. L. P. Con respecto, a lo largo de la hoja primaria, hubo diferencias presentando las hojas más largas la procedencia de Miquihuana, Tamps. Para el cociente raíz - tallo no hubo diferencias.

Otro estudio de variación morfológica y fisiológica entre especies y procedencias de *Pinus cembroides*, *Pinus maximartinezii* y de *Pinus ayacahuite*, en semillas y plántulas durante el primer año de crecimiento realizado por Capó y García (1989) encontraron que para la altura de hipocótilo, hubo diferencias significativas entre especies. Entre procedencias dentro de la especie *Pinus cembroides* no presento

diferencias, en cambio *Pinus ayacahuite* mostró diferencias significativas. En diámetro del hipocótilo, para *Pinus cembroides* no hubo diferencias significativas entre sus procedencias, pero para *P. ayacahuite* si existieron diferencias significativas. Para longitud del epicótilo, *P. cembroides* presentó diferencias ($Pr \geq 0.05$); *P. ayacahuite* presentó diferencias significativas ($Pr \geq 0.01$). Con respecto a altura total de la plántula tanto para *P. cembroides* como para *P. ayacahuite* hubo diferencias en una de las dos evaluaciones ($Pr \geq 0.05$). Para el número de cotiledones presentó diferencias entre especies. Entre procedencias dentro de *P. cembroides* no hubo diferencias; entre procedencias de *P. ayacahuite* si presentó diferencias significativas ($Pr \geq 0.01$). En la longitud de hojas cotiledonares, hay diferencias entre las especies, entre las procedencias de *P. ayacahuite* así como entre las procedencias de *P. cembroides* con diferencias significativas ($Pr \geq 0.01$). Para longitud de hojas primarias, entre las procedencias de *P. cembroides* no hubo diferencias significativas, pero entre las procedencias de *P. ayacahuite* si presentaron diferencias ($Pr \geq 0.01$). Y respecto al ancho de hojas primarias, hubo diferencias significativas entre las especies, pero para las procedencias de *P. ayacahuite* y *P. cembroides* no hubo diferencias.

En el estudio realizado por Chávez (1994) sobre fisiología y morfología de plántulas en diez procedencias de *Pinus greggii* en invernadero encontró para la capacidad de emergencia total y de acuerdo a la agrupación Tukey tres grupos de procedencias, el primero con las procedencias de la Taponá, Galeana, N. L. y los Lirios, Arteaga, Coah. entre los valores más altos de capacidad de emergencia total (97.22 y 94.86%), estas dos fueron significativamente diferentes en capacidad de emergencia respecto a las ocho procedencias restantes; el segundo grupo lo

formaron siete procedencias, tres de Hgo. tres de Coah. y una de N. L. con valores regulares a medios (84.33 y 59.86%), el tercer grupo lo formaron cinco procedencias con valores medios (73.88 y 59.86%), siendo la procedencia de el Tarillal, Ejido el Tejocote, con valor más bajo en capacidad de emergencia total. Para altura del hipocótilo, de acuerdo al ANVA (Análisis de varianza) hubo diferencias altamente significativas ($Pr \geq 0.0001$) y se determinaron tres agrupamientos en las procedencias. El primer grupo con la procedencias de Las Placetas, y la Taponá, Galeana, N. L. con valores altos en altura del hipocótilo de (1.71 a 1.52 cm), estos dos fueron significativamente diferentes a la de Jamé, Arteaga, Coah. con valor bajo (1.00 cm) y las otras 7 procedencias obtuvieron valores regulares entre (1.32 y 1.06 cm). En número de cotiledones, los resultados obtenidos del Análisis de Varianza presentó diferencias significativas ($Pr \geq .0001$) y se obtuvieron dos grupos, el primero comprendió, el Tarillal, Ejido el Tejocote, N. L.; las Placetas, Galeana, N. L.; Cañón de los Caballos, Saltillo, Coah.; Ejido Cuauhtemoc, Saltillo, Coah; Jamé, Arteaga, Coah.; La Taponá, Galeana, N. L. Jacala, Hgo. La Tinaja, Zimapán, Hgo. con valores altos entre (6.02 y 5.75 cotiledones). El segundo grupo lo formaron dos procedencias con valores intermedios de 5 cotiledones y el tercer grupo lo constituyeron dos procedencias con valores bajos de 5.306 a 5.111 cotiledones.

Para longitud de cotiledones, se encontraron tres agrupamientos de procedencias de acuerdo a Tukey, el primer grupo con el valor más alto (2.72 cm) para la procedencia de la Taponá, Galeana, N. L. esta procedencia fue significativamente diferente en comparación a la de Molango, que obtuvo el valor más bajo de 2.00 cm; de las seis procedencias restantes, 2 fueron de Hidalgo, dos

de N. L. y dos de Coahuila, con valores medios de 2.66 a 2.28 cm. Para altura total se encontró diferencias significativas la comparación de medias por el procedimiento Tukey mostró el primer agrupamiento con las procedencias de Molango, Hgo. La Tinaja, Zimapán, Hgo. y el Piñon, Jacala, Hgo. con valores más altos de 11.41 a 11.05 cm. El segundo grupo lo forman 3 procedencias de Nuevo León y 3 de Hidalgo, con valores medios entre 7.54 a 6.50 cm. La procedencia de los Lirios, Coah. presentó valores más bajos de 6.10 cm. En el diámetro del cuello de la raíz se obtuvieron tres agrupamientos de medias. El primero con la procedencia de Molango, Hgo. de valor más alto de 0.20 mm. El segundo grupo lo formaron siete procedencias, tres de Coahuila, tres de N. L. y una de Hidalgo, con valores medios entre 0.199 a 0.176 mm. En el tercer grupo estuvo El Piñón de Jacala, Hgo. y Cañon de los Caballos, Saltillo, Coah. con valores medios de 0.1669 a 0.1659 mm.

Por otra parte se demostró que existe una correlación positiva y significativa entre altura del hipocótilo y la temperatura donde a mayor temperatura mayor altura del hipocótilo; también se encontró una relación entre la temperatura y longitud del cotiledón. Respecto a la altura de la plántula y la precipitación existe una correlación positiva, a mayor precipitación mayor altura de la plántula .

También existe una correlación negativa altamente significativa entre la Longitud Oeste y la altura de la plántula a menor Longitud menor altura de la plántula. También se encontró una correlación negativa entre la altura de la plántula y la altitud (msnm) resultó que a mayor altitud la plántula es más pequeña.

Un estudio de variación entre y dentro de procedencias de *Pinus greggii* a nivel plántula realizado por López, Vargas y Mendoza (1994) encontraron que en todas las

variables analizadas se tuvieron diferencias significativas entre y dentro de procedencias. Los mayores indicadores de variación se encontraron a nivel de procedencia que a nivel de familias. Además, el componente de variación a nivel de procedencia aumentó con la edad. Por otro lado, al cambiar el pH del suelo el color de las plantas cambió a una tonalidad más verde. La heredabilidad en sentido estricto resultaron relativamente altas en la variable altura, aumentando con la edad de las plántulas.

Lo que respecta a estudios realizados de heredabilidad y ganancia genética, se encontró un trabajo realizado por Cervantes y Sáenz (1994), sobre heredabilidad de algunas características tempranas de *Pinus cembroides* bajo condiciones de invernadero donde se encontraron que la heredabilidad (h^2), tanto por individuo (h^2_i) como por familia (h^2_f) fueron muy altos en las siguientes variables : número de cotiledones $h^2_i= 0.92$, $h^2_f= 0.92$; longitud de cotiledón $h^2_i= 0.82$, $h^2_f= 0.90$; altura h^2_i 0.44, h^2_f 0.74. La Altura total de $h^2_i= 0.44$ fue semejante a la estimada por Plancarte (1992) en *Pinus cembroides* Zucc. bajo condiciones de invernadero con 0.46 en heredabilidad individual y 0.58 heredabilidad de familia.

3 MATERIALES Y METODOS ¡Error! Marcador no

definido.

3. 1 Trabajo de campo

3. 1. 1 Lugar de colecta de *Pinus johannis*

Se colectaron semillas de 36 árboles de un bosque natural de *Pinus johannis* entre el camino Concepción del Oro y Mazapil, Zac. en los parajes el “Cobre”, “Puerto el Dique” y Salaverna, con 24° 36' 53" de Latitud Norte y 101° 27' 44" de Longitud Oeste para los tres parajes, con una altura en la parte más alta de 2840 msnm en el Puerto el Dique, y la más baja en el Cobre de 2580 msnm y la parte cercana a Salaverna de 2700 msnm (INEGI, 1992).

3. 1. 2 Clima, vegetación y suelo

De acuerdo con la estación climatológica de Mazapil, Zac. la temperatura media anual es de 17.2 °C; el mes más cálido es mayo y junio con temperatura media mensual que oscila entre 30.4 y 30.7 °C; la temperatura mínima mensual es de 2.3 °C y la máxima de 11.3 °C en junio (Figura 1a, Ver. Archivo TyPMZ, de HG3). La presencia de heladas inician en noviembre pero las más frecuentes son en enero y terminan en marzo (Mendoza, 1983). La precipitación promedio anual es de 492.7 mm, los meses más secos son de enero a abril, los meses más lluviosos son de mayo a noviembre (Figura 1b, Ver. Archivo TyPMZ de HG3); las lluvias con granizo se presentan con

mayor frecuencia en abril; la evaporación media anual es de 121.574 mm (Mendoza, 1983).

Presenta un clima C (x') b (e'), que es húmedo, templado, con verano fresco largo, muy extremo, con lluvias de invierno inferiores al 36% de la total anual (Mendoza,1983).

La vegetación presente en esta región presenta dos estratos, la arbustiva y la herbácea; en la primera encontramos *Quercus intricata*, *Rhus trilobata*, *Ceanothus greggii* y *Juniperus sp*, que no rebasan una altura de 2 m; en el segundo estrato se encuentran algunos pastos como *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* (Robert,1972).

El suelo, sobre el que se desarrolla esta formación vegetal es una rendzina litica, de textura arenosa (Robert, 1978).

3. 2 Selección de árboles y colecta de conos

3. 2. 1 Selección de árboles

En los parajes antes mencionados, la selección de los árboles se basó en: árboles adultos de mayor tamaño con mayor abundancia de conos, las cuales deberían estar a una distancia de un árbol a otro de aproximadamente 50 metros; aunque para el árbol tres y el cuatro no se respetó la distancia, siendo menor con 30 y 40 metros respectivamente.

3. 2. 2 Colecta de conos

La colecta de los conos se realizó de forma manual los días tres y cinco de noviembre de 1996. Cada árbol, se identificó con un número progresivo y los conos cortados se colocaron en bolsas separadas para evitar que éstos se mezclaran con las otras familias. Los conos se colectaron en las cuatro exposiciones del árbol y en la parte terminal, media y basal de la copa.

3. 3 Extracción, separado y acondicionamiento de semillas

3. 3. 1 Extracción y acondicionamiento de semillas

De las 36 familias colectadas, sólo 25 familias fueron consideradas en el estudio, debido a que muchas de ellas no contaban con suficientes semilla. Lo anterior fue debido a una prueba de germinación preliminar realizada antes de establecer el experimento con diferentes tratamientos de remojo lo cual arrojó un número bajo de plántulas germinadas. La extracción de la semilla se realizó de forma manual, los conos presentaron mucha resina que obstruía la extracción de éstas, y las semillas fueron colocadas en bolsas de plástico libres de impurezas. Las muestras limpias se mantuvieron en un lugar sombreado fresco y aireado para evitar problemas de hongos, roedores y desecación.

3. 3. 2 Separado y acondicionamiento de semillas

Para este apartado se seleccionó el material potencialmente viable. Se utilizó el

procedimiento de flotación con alcohol, utilizando alcohol etílico desnaturalizado 70 G. L. agua destilada, toallas de papel estrasa, dos recipientes de plástico y bolsas de plástico. En un recipiente de plástico de 1000 ml se depositó 300 ml de alcohol etílico después se colocó la semilla en pequeñas cantidades, para apreciar el separado de la semilla. El criterio que se consideró como semilla llena fue aquella que se sumergió hasta el fondo del recipiente y como semilla vana fue aquella que se encontraba flotando totalmente y/o suspendida en el líquido. La semilla llena se retiró del recipiente y se pasó a otro que tenía agua purificada donde se lavó, para eliminar el alcohol adherido en la testa y evitar que éste fuera a penetrar y ocasionara daños al endospermo o al embrión. Después del lavado, las semillas se colocaron en unas toallas de papel estrasa para secarlas y luego colocarlas en bolsas de plástico con sus respectivas etiquetas.

Este procedimiento se aplicó a las 25 familias; de cada familia, se tomaron 250 semillas "viables" que arrojaron un total de 6,500 semillas utilizadas. Cada muestra de 250 semillas, se pesaron en una báscula con la finalidad de conocer la variación en el peso por familia.

3. 4 Establecimiento del experimento en el invernadero

El experimento se realizó en el invernadero de alta tecnología de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Con coordenadas 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, y altitud de 1743 msnm (CETENAL, 1975).

Se utilizó semillas de 25 familias de *Pinus johannis*, colectadas en los parajes antes mencionados, previamente seleccionadas y tratadas. El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero para reducir la fluctuación de las condiciones ambientales como temperatura, humedad relativa, luminosidad, heladas, etc. La temperatura promedio del invernadero fué de $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y el contenido de humedad entre 80 y 90%; el experimento se colocó en la parte media del invernadero para reducir efectos de humedad y del viento producido por los extractores de aire.

El tipo de envases que se utilizó para este experimento fue el de cajas styroblock, de 160 cavidades cónicas con 59.5 cm de largo, 35 cm de ancho, y 22.5 cm de alto con un diámetro por cavidad de 3 cm y un volumen individual de 564 cm^3 . El uso de estos envases permitió un mejor manejo dentro del invernadero, por ocupar poco espacio, facilitó una mejor distribución de los tratamientos y la identificación de las parcelas, así como aprovechar mejor el agua y asegurar un buen sistema radicular de las plantas. Antes de la siembra las 44 cajas utilizadas se lavaron con detergente y cloro para eliminar posibles patógenos presentes, por el uso anterior.

El sustrato utilizado fue una combinación de peat moss (turba), perlita, vermiculita y germinaza, a una relación 4:2:2:1 respectivamente. A esta mezcla no se aplicó fumigación, ya que vienen libres de contaminantes. Antes de la siembra la mezcla se dejó en remojo aproximadamente 36 horas, lo anterior se hizo con la finalidad de reblandecer el sustrato y facilitar el llenado.

La siembra se realizó el día 5 de octubre de 1997, la cual se hizo de forma manual, donde en cada cavidad de la caja se depositó una semilla a una profundidad

de siembra de 1 cm y se cubrió con el mismo sustrato. Para la siembra se utilizaron 260 semillas por tratamiento, las cuales fueron bañadas con un fungicida (Suspensión acuosa flonex mz 400) tres horas antes de la siembra, con la finalidad de eliminar hongos que pudieran ocasionar problemas en la germinación.

Se hizo una combinación de riego mecanizado por aspersión y manual (regadera). El primer riego se hizo después de la siembra de forma mecanizado por aspersión con una duración de 10 minutos. El segundo riego se aplicó al tercer día del primero, con una bomba de mochila con capacidad de 20 en litros el cual se aplicó un fungicida (suspensión acuosa flonex mz 400) en una proporción de 20 ml de flonex mz en 20 litros de agua, hasta saturar el sustrato de las cajas. A partir de esta fecha estos riegos se siguieron dando, aproximadamente un mes, de forma aislada cada 10 días que fue el tiempo en que las plántulas salieron del peligro de ser atacados por hongos principalmente el mal de almácigo. Dentro de estos riegos, se dieron los riegos ordinarios con agua potable cada tercer día de forma mecanizada y con una duración de 8 a 10 minutos por riego.

3. 5 Diseño experimental

Este estudio se realizó bajo un diseño completamente al azar con 25 tratamientos y un testigo, con 4 repeticiones por tratamiento, donde cada tratamiento equivale a una familia (árbol). El testigo fue la mezcla de las 25 familias. Por cada tratamiento, se utilizaron 250 semillas y por repetición se sembraron 50 semillas

sumando un total de 200 semillas. Las 50 semillas restantes por familia se sembraron en cajas colocandolas aparte, sin repeticiones, con la finalidad de tener plantas para reponer en caso de que en los tratamientos hubiera problemas de mortalidad. En total se sembraron 6,760 semillas (Cuadro 1).

Cuadro 1 Distribución en invernadero de las familias de *Pinus johannis* con sus respectivas repeticiones y el lote de reposición.

¡Error! Marcad or no definid o.F13 R1	F7 R2	F14 R3	F1 R2	F4 R4	F1 R1	F2 R2	F20 R4	To R4	F14 R4	F6 R2	F1 R3
F10 R4	F17 R2	F9 R4	F21 R1	F22 R4	F25 R2	F11 R2	F12 R1	F4 R1	F17 R1	F8 R1	F21 R2

To R1	F5 R4	F12 R3	F20 R2	F16 R4	R9 R3	F18 R1	F3 R4	F11 R4	F2 R3	F5 R1	F19 R2
F11 R3	F6 R4	F10 R3	F7 R1	F21 R4	F18 R2	F16 R1	F11 R1	F5 R3	F13 R2	F23 R3	F15 R4
F12 R4	F10 R2	F9 R1	F3 R2	F6 R1	F5 R2	F8 R4	F6 R3	F24 R4	F24 R1	F1 R4	F7 R3
F23 R1	F4 R3	F16 R3	F14 R2	F2 R1	F R2	F15 R1	F12 R2	F25 R1	F4 R2	F19 R4	F3 R1
F3 R3	F17 R3	F23 R2	F14 R1	F21 R3	F20 R1	* F1	* F4	* F7	* F10	* F25	
F2 R4	F15 R3	F15 R2	F24 R2	F16 R2	F20 R3	* F2	* F5	* F8	* F11	* To	
F22 R2	To R2	F13 R4	F25 R3	F9 R2	F13 R3	* F3	* F6	* F9	* F12		
F17 R4	F23 R4	To R3	F25 R4	F18 R3		* F13	* F16	* F19	* 22		
F7 R4	F24 R3	F22 R3	F1 R4	F10 R1		* F14	* F17	* F20	* F23		
F19 R1	F8 R3	F19 R3	F22 R1			* F15	* F18	* F21	* F24		

F = Familia

R = Repetición

*F = Familias para reposición

3. 5. 1 Modelo estadístico

Los índices de emergencia y porcentaje de emergencia se analizaron individualmente bajo un diseño completamente al azar con 4 repeticiones y 50 plántulas por unidad experimental. Para las características morfológicas se analizaron bajo el mismo diseño con 4 repeticiones y 10 plántulas por unidad

experimental considerando las 25 familias más el testigo. El modelo estadístico (Ostle, 1981) corresponde al modelo II:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Valor observado en las diferentes variables.

$i = 1, 2, 3, \dots, t$ tratamientos

$j = 1, 2, 3, \dots, n$ repeticiones

μ = Media poblacional

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto del error experimental del i, j -ésimo tratamiento

Considerando el modelo II, conocido como el modelo de componentes de varianza (efectos aleatorios), el análisis de varianza con igual número de observaciones por tratamiento, modelo II, (Steel y Torrie, 1988).

FUENTE DE VARIACION	G.L	C.M
Entre tratamientos	F -1	$\sigma_e^2 + n\sigma_f^2$
Error experimental	F (n -1)	σ_e^2
Total	Fn -1	

Donde: σ_e^2 = Varianza del error; σ_f^2 = Varianza de familias; F = Número de familias; n = Repeticiones.

Para detectar el efecto de mayor variación y obtener los resultados de heredabilidad para características morfológicas se utilizó el diseño estadístico completamente al azar con "submuestreo", correspondiente al modelo II, de las cuales se tomaron 5 muestras por repetición, considerando únicamente a 17 familias que eran las que reunieron el número de plántulas necesarias; excepto para biomasa que se tomaron dos plántulas por unidad experimental para el análisis estadístico, el modelo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \eta_{ijk} + E_{ij}$$

Donde: Y_{ijk} = Parámetros observados en las diferentes variables observadas

μ = El verdadero efecto medio

τ_i = Verdadero efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto verdadero de la j-ésima unidad experimental

η_{ijk} = Verdadero efecto de la k-ésima muestra tomada de la j-ésima unidad experimental sujeta al i,j-ésimo tratamiento

Análisis de varianza para un diseño aleatorio con submuestra, presentando los cuadrados medios esperados.

FUENTE DE VARIACION	G.L	C.M
Familias	F -1	$\sigma_e^2 + n\sigma_m^2 + mn\sigma_f^2$
Entre muestras dentro de familias = error experimental	F (m -1)	$\sigma_e^2 + n\sigma_m^2$
Entre plántulas dentro de muestras = error de muestreo	Fm (n - 1)	σ_e^2
Total	Fmn - 1	

Donde:

σ_e^2 = Varianza del error

σ_m^2 = Varianza entre muestras

σ_f^2 = Varianza de familias

F = Número de familias

m = Muestras

n = Repeticiones

3. 5. 2 Análisis estadístico

Los resultados de los parámetros evaluados fueron procesados mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 6.04. En aquellos tratamientos que presentaron diferencias estadísticamente significativas en el ANVA, se realizó la comparación de medias por el procedimiento Tukey.

3. 6 Características fenológicas de plántulas

Para la evaluación de las variables se estableció un periodo de seis meses a partir del 5 de octubre de 1997 al 5 de abril de 1998. Y durante este tiempo se evaluaron las características fenológicas y morfológicas y heredabilidades; la evaluación fenológica se hizo en los primeros tres meses, la morfológica cada mes a partir de la siembra y para determinar la heredabilidad se tomó la información a tres y seis meses; las etapas fenológicas evaluadas fueron:

a) Etapa de no emergencia se contabilizó los días que la semilla permaneció debajo del sustrato a partir de la fecha de siembra.

b) La emergencia se consideró cuando el hipocótilo, hizo su aparición sobre la superficie del sustrato en forma de candado.

c) Aparición de hojas cotiledonares, el criterio que se siguió para considerarlas como hojas cotiledonares fue en primer lugar esperar a que el hipocótilo se alargara y los cotiledones se levantaran por encima del suelo, otra característica que se consideró importante y lo menciona Went (1979), es que las hojas embrionarias son alargadas se inchan y presentan una consistencia frágil y succulenta y son las primeras en aparecer en una plántula.

d) Brote de hojas primarias (BHP), para esta variable se tomó como criterio que se observara una estructura en forma de roseta con hojas aciculares que resaltara en medio de las hojas cotiledonares y en la parte superior donde éstas presentaban un crecimiento rápido.

3. 7 Emergencia

Emergencia acumulada (EA), fue la primera variable a evaluar, la cual se obtuvo al contabilizar el número de plántulas emergidas en cada parcela experimental de las 50 semillas sembradas, se contabilizó desde la primera plántula emergida que fué el día 11 de Octubre de 1997, 51 días después de la siembra donde la emergencia se estabilizó en cada una de las familias. La emergencia se consideró cuando la plántula mostraba el hipocótilo en forma de candado, con estos resultados se calcularon los índices de germinación diaria de Czabator (1962) y Djavanshir y Pourbeik (1976). El método de Czabator, tiene como finalidad combinar en una sola cifra una expresión de la germinación. Para obtener el valor de germinación (VG); se multiplica el valor máximo (VM), que es la germinación diaria media máxima por la germinación diaria máxima final (GDM) que es el porcentaje acumulado de germinación de semillas llenas dividido por el número de días transcurridos desde la fecha de siembra. Lo anterior se expresa mediante la fórmula:

$$VG = GDM (\text{final}) * VM$$

Otro método utilizado para calcular el valor de germinación es el de Djavanshir y Pourbeik, la fórmula es la siguiente:

$$VG = \frac{(\sum VGD/N) * PG}{10}$$

donde: VG = valor de germinación

PG = % de germinación al final del ensayo

VGD = velocidad de germinación diaria que se obtiene de dividir el porcentaje de germinación acumulada por el número de días transcurridos desde la siembra.

$\sum VGD$ = total que se obtiene sumando todas las cifras de VGD obtenidos en los recuentos diarios

N = No. de recuentos diarios, empezando a contar a partir de la fecha de la primera germinación.

Para el total de emergencia, se hizo un análisis de varianza, para el día donde se estabilizó completamente la emergencia, utilizando el paquete estadístico SAS. Para evaluar los datos de porcentaje de emergencia se hizo la transformación a ARCOSENO de acuerdo a Scheffler (1981), $ARCSIN = \sqrt{p}$,

Donde: $p = X/100$

X= el porcentaje de la capacidad de emergencia total

Y se realizó la prueba de comparación de medias por el procedimiento Tukey ($\alpha=0.005$).

3. 8 Características morfológicas de plántulas

En cada una de las familias se identificaron al azar 10 plántulas por repetición, con alfileres entomológicos. La evaluación número, longitud y ancho de hojas cotiledonares de las plantas identificadas se realizó en dos ocasiones a los 30 4444y 60 días a partir de la siembra. Para el diámetro a la base de la plántula (DBP), longitud de hipocótilo (LH), longitud de epicótilo (LE) y peso verde y seco (BV y BS), se evaluaron cada mes a partir de la siembra, excepto para peso verde y seco que fue al tercer y sexto mes. Las mediciones se hicieron en todas las plántulas etiquetadas excepto para peso verde y seco que solo se utilizaron dos plántulas por repetición.

a) Número, longitud y ancho de hojas cotiledonares

De las 10 plántulas identificadas por repetición que en total fueron 40 por familia

se contabilizó el número de hojas cotiledonares (NHC). Para la longitud de hojas cotiledonares (LHC), se midió una hoja de la plántula, con una regla de 30 cm con aproximación al milímetro. Y para el ancho de hojas cotiledonares (AHC) se tomó la misma hoja donde se evaluó la longitud, se midió el ancho en el centro de la hoja con un vernier digital con aproximación a centésimas de milímetro.

b) Diámetro de la base de la plántula (DBP mm)

La lectura de la medición se tomó en el cuello de la plántula al nivel del suelo con un vernier digital con aproximación a centésimas de milímetro.

c) Longitud de hipocótilo (LH, mm)

Se midió desde el cuello de la plántula a la superficie del suelo hasta la base de las hojas cotiledonares, con una regla de 30 cm, con aproximación a milímetros.

d) Longitud de epicótilo (LE, mm)

Se midió desde donde inicia las hojas cotiledonares hasta donde termina la última hoja primaria, con una regla de 30 cm con aproximación a milímetros.

e) Altura total (AT, mm)

Este resultado de sumar la longitud del hipocótilo mas la longitud del epicótilo. La información arrojada de la fase morfológica se anotó por mes en hojas de registro con la siguiente información: familia, repetición, NHC, LDC, AHC, DBP, LDH, LDE y AT.

f) Peso fresco y seco (gr)

Por cada repetición se utilizaron dos plántulas por repetición, las cuales se sacaron de los contenedores con mucho cuidado, tratando de no perder raíces, inmediatamente éstas se sumergieron en agua para eliminar el sustrato que estaba adherido en las raíces, se colocaron por separado en bolsas de plástico previamente etiquetadas y se acomodaron con mucho cuidado en una hielera con la finalidad de evitar la desecación de las plántulas al momento de trasladarlas para obtener peso fresco.

La obtención del peso se realizó en el laboratorio de fisiología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Para determinar el peso fresco de las plántula, éstas se sacaron de la hielera y fueron seccionadas en el cuello vital con unas tijeras tomando como referencia para el corte las primeras raicillas del cuello vital. Posteriormente, tanto la parte aérea como la radicular, fueron pesadas independientemente en una balanza digital con aproximación a décimas de gramo previamente nivelada para obtener lecturas correctas. Las muestras seccionadas se pasaron en bolsas de papel previamente identificadas, para el proceso de secado las cuales permanecieron por aproximadamente doce días, a una temperatura de 100 °C, con la finalidad de eliminar al máximo el contenido de agua. Después se sacaron para determinar el peso en seco utilizando para esto la misma balanza analítica, al momento del peso, las muestras se sacaron de la estufa de 100 °C y se pasaron a otra de 60 °C para evitar que éstas absorbieran humedad ambiental; al momento de sacarlas de las bolsas se hicieron con mucho cuidado ya que estaban muy quebradizas y se dificultaba al momento de pesar. El peso total en fresco y seco, se obtuvo de sumar las dos secciones aérea y radicular.

La información que resultó de estos pesos se anotaron en una hoja de registro la cual tuvo la siguiente información: peso fresco aéreo, peso fresco radicular , peso total fresco, peso seco aéreo, peso seco radicular y peso total seco, todo expresado en gramos.

3. 9 Heredabilidades

Para determinar los calculos de heredabilidad a nivel individual y familiar en sentido estricto, se utilizaron las siguientes formulas.

Heredabilidad individual (h^2_i) (Alvarez, 1997)

$$h^2_i = \frac{3 \sigma^2_f}{\sigma^2_f + \sigma^2_m + \sigma^2_e}$$

Donde:

σ^2_f = Varianza de familias

σ^2_m = Varianza entre muestras

σ^2_e = Varianza del error

Heredabilidad de las medias de familias (Falconer, 1989).

$$h^{2f} = \frac{1 + (n - 1) r}{1 + (n - 1) t} h^2_i$$

Donde:

n= Tamaño de la familia

r= Coeficiente de la varianza aditiva

t= Correlación de los valores fenotípicos de los miembros de las familias

h^2_i = Heredabilidad individual.

4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Fenología de plántulas

Los resultados fueron producto de las evaluaciones de cada una de las 25 familias, durante dos meses, del 5 de octubre al 5 de diciembre de 1998, cuatro fases se evaluaron: no emergencia, emergencia, brote de hojas cotiledonares y brote de hojas primarias, como se muestra en la Figura 2. (Ver. Archivo FENOL 1. de HG3). Se puede ver el tiempo de cada uno de los eventos fenológicos y los tiempos que se necesita para que esto ocurra, las semillas estuvieron en estado de no emergencia entre 10 a 12 días después de la siembra; la etapa de emergencia inició entre los 11 y 13; días, el brote de las hojas cotiledonares se presentó entre los 14 y 16 días; y en el brote de hojas primarias se aprecia tiempos similares para la mayoría de las familias, que inició a los 24 días. A pesar que las condiciones ambientales fueron homogéneas, en la Figura 3, (Ver. Archivo 2. de HG3), se identifica de manera más clara la variación entre familias tanto para la etapa de no emergencia, emergencia y brote de hojas cotiledonares; pero para el brote de hojas primarias se observa una menor variación, casi la uniformidad entre familias; y contrasta el comportamiento de algunas familias con respecto al testigo.

De acuerdo con Spurr y Barnes (1980) la aparición temprana de las hojas cotiledonares en una plántula es de gran trascendencia, ya que a través de éstas, están distribuidas una gran cantidad de reservas alimenticias como grasas, carbohidratos, proteínas y nutrientes minerales siendo de gran utilidad en los

primeros días de crecimiento y al entrar en contacto con la luz solar provocan se inicie el desarrollo de cloroplastos, la síntesis de clorofila y el desarrollo de estomas, contribuyendo al desarrollo de yemas del ápice, dando origen a las hojas primarias y

secundarias, así como a restablecer el epicótilo en caso de daños físicos. Por otra parte, la aparición de hojas primarias y secundarias, es una manifestación de la plántula en la cual pasa de una etapa suculenta a juvenil que es cuando incrementa el proceso de lignificación, pero todavía esta sujeta a diversos factores de mortalidad.

Para *Pinus engelmannii* se presetan resultados similares al presente estudio en dos fases bajo condiciones de invernadero; el tiempo que tardó para que la plántula emergiera fue de 13.1 a 14.9 días para el brote de hojas primarias el tiempo fue de 24 a 30 días (Ruíz y Velazco, 1994). La presencia de los eventos fenológicos en corto tiempo, posiblemente estuvieron influenciados por las condiciones ambientales como temperatura, humedad, intensidad de luz, control de malezas y control sobre enfermedades.

4.2 Emergencia

Los análisis de varianza para el índice de germinación de Czabator, el índice de germinación de Djavanshir y Pourbeik y el porcentaje de emergencia total, mostró diferencias altamente significativas (Anexo 1). En los componentes de varianza (Cuadro 2), sobresale la proporción de la variación debido a familias tanto para el índice de germinación de Czabator, el índice de germinación Djavanshir y Pourbeik y el porcentaje de emergencia total, los cuales fueron de 63.76, 52.87 y 72.26%, respectivamente, en relación con la variación correspondiente a fuentes no consideradas en el estudio (error) dentro de parcelas que presentaron en un porcentaje bajo de 36.24, 47.13 y 27.74%, respectivamente.

Cuadro 2. Componentes de varianza y heredabilidades para los índices de germinación de Czabator, índice de germinación de Djavanshir y

Pourbeik y porcentaje de emergencia total, en plántulas de *Pinus johannis*.

FV	GL	Componentes de varianza (%)		
		Índice de germinación de Czabator	Índice de germinación Djavanshir y Pourbeik	Porcentaje de emergencia total
Familia	24	63.76	52.87	72.26
Error	75	36.24	47.13	27.74
Total	99	100.00	100.00	100.00
h ² i		1.91	1.59	2.17
h ² F		1.03	1.02	1.03

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; h²i= Heredabilidad individual; h²F= Heredabilidad de medias de familia.

Lo que representa diferencias grandes entre familias y diferencias pequeñas dentro de familias. La variación a fuente no considerada (error) fue relativamente baja en parte porque las condiciones ambientales como contenido de humedad, temperatura, humedad, aireación, porosidad del suelo hasta cierto nivel estaban controladas; sin embargo estos valores pueden ser resultado de latencia de semillas, por heterogeneidad en la maduración, factores genéticos no aditivos, microclimas difíciles de controlar.

Los valores de heredabilidad en sentido estricto, de familias (h²F) e individual (h²i), para el índice de germinación de Czabator, el índice de germinación Djavanshir y Pourbeik así como para el porcentaje de germinación total se presentan en el Cuadro 2. Para los índices de germinación, la h²F tiene valores altos y uniformes, las cuales fueron 1.03, 1.02 y 1.03 para los dos índices de germinación de Czabator, Djavanshir y Pourbeik y el porcentaje de germinación total respectivamente, para la h²i los valores también son altos y se incrementan de 1.9, 1.6 y 2.2 respectivamente.

El valor de heredabilidad varía de 0 a 1 (Falconer, 1986) el hecho de encontrar valores de h^2_F y h^2_i superiores a 1, para las tres variables, puede ser resultado a errores de estimación posiblemente debido a efectos maternos asociados con el tamaño de la semilla de cada familia o posiblemente a que los individuos de muchas familias no sean medios hermanos, sino hermanos completos. Considerando las heredabilidades para las tres características, se puede observar que las heredabilidades individuales son mayores que las heredabilidades de familia esto puede deberse a una sobrestimación de datos; situación parecida presenta, Valencia (1992) en *Pinus caribaea* para la variable altura total.

Las heredabilidades muestran que son fuerzas principalmente de carácter genéticos, lo que indica que esta variable es heredable, para las condiciones en que se desarrollaron y en el tiempo evaluado, que garantiza que dentro de esta población existen familias con valor de germinación alto.

4.3 Características morfológicas de plántulas

4.3.1 Hojas cotiledonares

Para el número y longitud de hojas cotiledonares, el análisis de varianza presentó diferencias significativas (Anexo 1). Sin embargo para la variable ancho de hojas cotiledonares el análisis de varianza no presentó diferencias (Anexo 1). En los componentes de varianza (Cuadro 3), se muestra que la mayor variación para estas

dos variables número de cotiledones (NC) y longitud de cotiledones (LHC) corresponden a efectos del error dentro de familias, para el caso del número de cotiledones la contribución a la variación fue de 83.45% y en la longitud de hojas cotiledonares fue de 71.57%; la proporción de la fuente de variación entre familias para número de cotiledones y longitud de hoja cotiledonar fue de 16.55% y 28.21% respectivamente; para ambas variables la fuente de variación de las muestras dentro de las familias fue insignificante.

El efecto de mayor variación en el error se atribuye a que las diferencias entre individuos es muy grandes respecto a la varianza y diferencias pequeñas entre familias; la variación entre familias se debe a efectos genéticos, probablemente para número de cotiledones en su mayor parte es debido a efectos genéticos no evaluados. Para longitud de cotiledón el error esta relacionadó con el tamaño de la semilla, heterogeneidad en el ambiente, así como efectos genéticos no considerados.

Los valores estimados de heredabilidad individual para la variable número y longitud de hojas cotiledonares (NHC y LHC), fueron de 0.50 y 0.85, para las heredabilidades de familia los valores fueron mayores, de 0.70 y 0.93 respectivamente. Para la variable número de hojas cotiledonares (NHC), la heredabilidad puede considerarse como un valor regular (Cuadro 3) comparando con los resultados presentados por Cervantes y Sáenz (1994) en *Pinus cembroides* en condiciones de invernadero, donde la h^2_i y h^2_F fueron de 0.82 y 0.90, sin embargo para longitud de cotiledones se obtuvieron resultados muy parecidos tanto para heredabilidad individual y de familia (Cuadro 3), a los que

presenta Cervantes y Sáenz (1994), quienes reportan valores de h^2_i y h^2_F de 0.82 y 0.90. La característica que presentó heredabilidades altas como el caso de longitud de cotiledón se debe principalmente a que presentó mayor variación entre familias de 28.21% respecto al número de cotiledón de 16.55%, esto se aprecia mejor en el (cuadro 3).

Cuadro 3. Componentes de varianza y heredabilidades para las variables número y longitud de hojas cotiledonares a los tres meses de edad en plántulas de *Pinus johannis*.

FV	GL	Componentes de varianza (%)	
		Número de hojas cotiledonares	Longitud de hojas cotiledonares
Familia	16	16.55	28.21
Error experimental	68	00.00	00.22
Error (dentro de familia)	255	83.45	71.57
Total	339	100.00	100.00
h^2_i		0.50	0.85
h^2_F		0.70	0.93

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; h^2_i = Heredabilidad individual. h^2_F = Heredabilidad de familia.

4. 3. 2 Diámetro a la base de la plántula

El análisis de varianza para esta característica a los tres y seis meses de edad presentaron diferencias altamente significativas (Anexo 1 y 2). En los componentes de varianza (Cuadro 4), sobresale en mayor proporción el error dentro de familias tanto para la edad de tres y seis meses de 66.37% y 72.06% respectivamente, el resto de la variación se manifiesta entre familias en 31.78% y 27.94%, la variación entre muestras dentro de familias se presentó únicamente a los tres meses de edad con valor mínimo de 1.85%.

La variación del error dentro de familias, se debe a que existen individuos dentro de cada parcela con diámetros mayores y menores, posiblemente esta variación entre individuos puede estar influenciado por aspectos no aditivos como espacio, densidad, nutrientes. La variación entre familias representa que hay diferencias grandes entre familias, lo cual representa un valor de carácter genético que es heredado en su totalidad.

Con los resultados de componentes de varianza se estimó la heredabilidad en sentido estricto tanto individual (h^2_i) y de familia (h^2_F) para la edad de 3 y 6 meses, los valores obtenidos de heredabilidades individuales y familiar, a los 3 meses fueron altos de 0.95 y 0.98; las heredabilidades a 6 meses presentaron una ligera disminución tanto a nivel individual y de familia 0.84 y 0.92, respectivamente (Cuadro 4).

Estos valores altos de heredabilidad deben tomarse con precaución, considerando que en la población existe una proporción de medios hermanos, con posibilidades de una proporción mayor de hermanos completos disminuyendo entonces los valores de heredabilidad.

El hecho de encontrar heredabilidades altas a tres meses se debe a que la variación entre familias fue mayor y la variación dentro de familias es menor, sin embargo a seis meses fue lo contrario la variación entre familias es menor y la variación dentro de familias mayor resultando el valor de heredabilidad individual y medias de familias menor. Para *Pinus caribaea var. caribaea*, Valencia (1992) el diámetro a la base de la plántula presentó para tres fechas diferentes valores

inferiores de heredabilidad individual de 0.55, 0.46 y 0.53; y familiar de 0.71, 0.64 y 0.68.

Cuadro 4. Componente de varianza y heredabilidades, para la variable diámetro a la base de la plántula a los tres meses y seis meses de edad en plántulas de *Pinus johannis*.

FV	GL	Componente de varianza (%)	
		Diámetro a la base de la plántula	
Familia	19	31.78 (*)	27.94 (*)
Error experimental	68	1.85	00.00
Error (dentro de familias)	255	66.37	72.06
Total	339	100.00	100.00
h ² i		0.95	0.84
h ² F		0.98	0.92

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; h²i= Heredabilidad individual;

h²F= Heredabilidad de medias de familia; *= tres meses; *= seis meses.

Con esta comparación se aprecia que los valores de heredabilidad individual así como de medias de familias, disminuyen conforme pasa el tiempo (Cuadro 4). Las diferencias tanto para heredabilidad familiar e individual y para ambas edades son pequeñas, esto puede ser debido a que la varianza ambiental se va manifestando conforme pasa el tiempo a cambios ligeros debido a efectos de riegos, contenido de nutrientes del sustrato en la cual afecta considerablemente como se muestra en la segunda evaluación o bien por efectos de error en muestreo.

4. 3. 3 Longitud de hipocótilo y epicótilo

Para longitud de hipocótilo, a tres meses y seis meses de edad el análisis de varianza arrojó diferencias altamente significativo (Anexo 1 y 2). Los componentes de varianza obtenidos (Cuadro 5) presentaron mayor variación por el error dentro de familias que involucra elementos aditivos y no aditivos, tanto para los tres y

seis meses de edad en un porcentaje de 81.15 y 74.15% respectivamente, para la fuente de variación entre familias es relativamente baja comparada con la del error y muestras dentro de familias de 18.85 y 25.85%, respectivamente. La variación de muestras dentro de familias tanto para las dos etapas de crecimiento no existió.

Para longitud de epicótilo a los tres meses de edad mostró diferencias altamente significativas (Anexo 1), sin embargo para esta misma variable a los seis meses no hubo diferencias (Anexo 2). En los componente de varianza (Cuadro 5), se muestra que la mayor variación corresponde al error dentro de familias en una proporción de 74.42%, el resto de la variación es causada por efecto entre familias en 25.58%.

Considerando los resultados anteriores, el efecto de mayor variación es causado por error dentro de familias, lo que indica que establecer un experimento en invernadero reducirá el efecto ambiental, si no que debe considerarse otros aspectos como riego, competencia por espacio, microclimas entre otros, para que el efecto genético sea mayor.

Los resultados de heredabilidad para las características longitud de hipocótilo y epicótilo son altas tanto para tres y seis meses de edad (Cuadro 5), estos resultados se debe posiblemente a que la heredabilidad aditiva se debe principalmente a efecto de hermanos completos o errores de estimación.

Cuadro 5. Componentes de varianza y heredabilidades para las variables longitud de hipocótilo y epicótilo a los tres meses y seis meses de edad en plántulas de *Pinus johannis*.

FV	GL	Componentes de varianza (%)		
		Longitud de hipocótilo		Longitud de epicótilo
Familia	16	18.85 (*)	25.85 (*)	25.58 (*)
Error experimental	68	00.00	00.00	00.00
Error (dentro de familias)	255	81.15	74.15	74.42
Total	339	100.00	100.00	100.00
h ² i		0.57	0.78	0.77
h ² F		0.75	0.89	0.88

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; h²i= heredabilidad individual; h²F= Heredabilidad de medias de familias; *= tres meses; *= seis meses.

4. 3. 4 Altura total

El análisis de varianza para altura total a tres y seis meses de edad mostraron diferencias significativas (Anexo 1 y 2). En los componentes de varianza (Cuadro 6) la mayor variación corresponde a fuentes de error dentro de familias, donde posiblemente hayan efectos interactivos, para ambas edades que van de 76.95 y 79.97 % respectivamente, el resto es causada por la variación entre familias de 23.05 y 20.03 % y el efecto de muestras dentro de familias es insignificante. La proporción de la variación entre familias es un porcentaje aditivo que es representativo para estas condiciones, tiempo y especie, pero parte es causada por factores como espacio, densidad, nutrición o bien por sobrestimación de los datos.

Otra observación a considerar, es que en todos los parámetros antes mencionados, del 100 % de la variación, aproximadamente el 80 %, es causada por efectos de error donde puede encontrarse efectos genéticos no considerados.

Cuadro 6. Componentes de varianza y heredabilidades para la variable altura total a los tres meses y seis meses de edad en plántulas de *Pinus johannis*.

FV	GL	Componentes de varianza (%)	
		Altura total	
Familia	16	23.05 (*)	20.03 (*)
Error experimental	68	00.00	00.00
Error (dentro de familias)	255	76.95	79.97
Total	339	100.00	100.00
h ² i		0.69	0.60
h ² F		0.84	0.78

FV= Fuente de variación GL= Grados de libertad; h²i= Heredabilidad individual; h²F= Heredabilidad de medias de familia; *= Tres meses; *= Seis meses.

Las heredabilidades estimadas para la variable antes mencionada en sentido estricto, tanto la heredabilidad familiar y heredabilidad individual para tres y seis meses de edad son altas (Cuadro 6), estos valores son en parte a que en el invernadero existen mejores condiciones que permite expresar mejor las características genéticas y reducir al mínimo el factor ambiental.

Por otra parte se puede apreciar que el valor estimado de heredabilidades a los tres meses para las características longitud de hipocótilo, epicótilo y altura total, son mayores que a los seis meses, esto puede atribuirse a efectos de estrés de la planta por desarrollarse en envases reducidos y conforme incrementa la edad necesitan mayor espacio, contenido de nutrición del sustrato principalmente. Valencia (1992), en *Pinus caribaea var. caribaea*, en la sabana Oaxaca, para altura total presentó también disminución de heredabilidad individual y familiar bajo condiciones de vivero ese cambio de heredabilidad en fechas diferentes de evaluación.

4.3.5 Peso fresco

Los análisis de varianza para el peso total, aéreo y radicular fresco, tanto para tres y seis meses de edad mostraron diferencias altamente significativas (Anexo 1 y 2). En los componentes de varianza, la mayor variación corresponde a fuentes de error dentro de familia (Cuadro 7), y la proporción de la variación entre familias, se manifiesta más a los tres meses de edad que a seis meses, a la vez esta fuente de variación contrasta con la variación de las muestras dentro de las familias, donde la proporción que contribuye es muy baja en relación al error y de familia.

Las heredabilidades estimadas en sentido estricto a nivel individual (h^2_i) y de familia (h^2_F) para las variables peso total, aéreo y radicular fresco, para las edades de 3 y 6 meses se presentaron en el Cuadro 7. Para las variables peso total fresco, la h^2_F y h^2_i muestran valores altos de 1.10 y 0.97 respectivamente, para la primera evaluación tres meses y segunda evaluación seis meses, para peso total las heredabilidades de medias de familia e individual disminuyen considerablemente a 0.66 y 0.59. Esta misma situación se manifiesta para los parámetros peso aéreo y radicular fresco (Cuadro 7).

Cuadro 7. Componentes de varianza y heredabilidades, para las variables morfológicas de biomasa en verde, peso total, aéreo y radicular fresco a los tres y seis meses de edad para plántulas de *Pinus johannis*.

FV	GL	Componentes de varianza (%)					
		Peso fresco					
		*PTF	*PAF	*PRF	* PTF	* PAF	* PRF
Familia	24	36.84	28.00	25.84	19.73	17.84	20.81
Error experimental	25	00.28	00.00	07.45	00.00	00.24	00.46
Error (dentro de familias)	150	62.88	72.00	66.71	80.27	81.92	78.74
Total	199	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
h^2i		1.10	0.84	0.78	0.59	0.54	0.62
h^2F		1.00	0.87	0.82	0.66	0.61	0.69

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; h^2i = Heredabilidad individual; h^2F = Heredabilidad de medias de familias; *=Tres meses; *=Seis meses.

Por otra parte se puede apreciar que las heredabilidades a los tres meses son mayores que a los seis meses, y las h^2F son siempre mayores a las de h^2i , excepto para peso total a tres meses en que la h^2i fue de 1.10 que supera a la h^2F de 1.00. Posiblemente estos valores altos de heredabilidad individual y de medias de familias son errores de estimación. Wright (1964) con respecto a esta disminución del valor de la heredabilidad, menciona que la heredabilidad cambia con el tiempo o hasta llegaría a desaparecer, este cambio suele suceder cuando el ambiente cambia y cuando el control genético de la característica cambia a medida que los árboles maduran ya que estos requieren mayor espacio, nutrientes, agua.

4. 3. 6 Peso seco

Para peso total, aéreo y radicular seco a tres y seis meses de edad, los análisis de varianza presentaron diferencias altamente significativas ($P > F = 0.0001$) (Anexo 1 y 2). En los componentes de varianza, la mayor variación corresponde a fuentes del error dentro de familias, sin embargo para estas tres variables sobresale una parte de la variación entre familias en relación con la variación de las muestras dentro de las familias (Cuadro 8).

En este aspecto de peso seco, se aprecia que la fuente de variación causada por el efecto de familia es baja en comparación con la del total, posiblemente factores como escasa densidad y aislamiento, y producción no homogénea de semilla en árboles, que provocan esta disminución en la variación. Bermejo (1993) hace referencias a lo anterior para poblaciones naturales de *Pinus engelmannii* (Chihuahua y Durango) donde se aprecia un fuerte problema de endogamia, que reduce el vigor de crecimiento.

El resultado de heredabilidad familiar e individual a 3 meses fueron altos de 0.87 y 0.83 para peso total seco, respectivamente, pero para 6 meses éstas disminuyeron a 0.76 y 0.70 respectivamente, en contraste para peso radicular las heredabilidades familiar e individual para tres meses son bajas y se incrementan para la edad de seis meses y para peso aéreo seco estas son altas pero también a los tres meses aumentan a los seis meses (Cuadro 8).

Cuadro 8. Componentes de varianza y heredabilidades, para las variables morfológicas de peso total seco (PTS), peso aéreo y radicular seco (PAS y PRS), a los tres y seis meses de edad, para plántulas de *Pinus johannis*.

FV	GL	Componentes de varianza (%)					
		Biomasa en seco					
		*PTS	*PAS	*PRS	* PTS	* PAS	* PRS
Familia	24	27.69	27.19	01.36	23.47	29.33	18.50
Muestra (familia)	25	03.86	00.00	22.92	02.98	00.00	03.56
Error	150	68.45	72.81	75.71	73.55	70.67	77.94
Total	199	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
							0
	h^2i	0.83	0.82	0.04	0.70	0.88	0.55
	h^2F	0.87	0.86	0.05	0.76	0.90	0.62

FV= Fuente de variación; GL= Grados de libertad; h^2i = Heredabilidad individual; h^2F = Heredabilidad de familia; *= Tres meses; *= Seis meses.

De manera general, se puede atribuir que estas diferencias entre las familias tanto para peso fresco y seco (total, aérea y radicular) a tres y seis meses, el patrón de acumulación de peso esta relacionado principalmente con la capacidad de adaptación de la especie, tanto para ambientes desfavorables y favorables. Vargas (1985) menciona que las plántulas que tienen mayor acumulación relativa de biomasa principalmente en la raíz generalmente son más aptas para tolerar condiciones de sequía o estrés natural, al tener un mejor balance entre la capacidad de absorción y el buen uso del agua para su crecimiento.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a). En las observaciones fenológicas, las semillas permanecieron en estado de no emergencia entre 10 a 12 días; el proceso de emergencia inició a los 11 y 13 días; el brote de hojas cotiledonares a los 14 días y brote de hojas primarias a los 24 días después de la siembra.

b). Existen diferencias significativas en las evaluaciones a 3 y 6 meses entre familias de *Pinus johannis*, para los índices de germinación de Czabator, el índice de germinación de Djavanshir y Pourbeik, y el porcentaje de emergencia total, número y longitud de hoja cotiledonar, diámetro a la base de la plántula, longitud de hipocótilo y epicótilo, altura total, peso total, aéreo y radicular fresco, como para peso seco total, aéreo y radicular.

c). Los índices de germinación, de Czabator y el Djavanshir y Pourbeik presentaron mayor variación en el error dentro de familias, de acuerdo con los componentes de varianza (63.76 % y 52.87 % respectivamente).

d). El porcentaje de emergencia total presentó mayor variación entre familias, respecto al error.

e). Los valores de heredabilidad de familia (h^2F) e individual (h^2i), para los índices de germinación de Czabator, índice de germinación Djavanshir y Pourbeik y porcentaje

de emergencia, al final del estudio fueron mayores de uno y las h^2F fueron menores que las h^2i .

f). Para número y longitud de hojas cotiledonares la mayor fuente de variación, fue por efectos del error dentro de familias y en menor proporción entre familias.

g). Las heredabilidades individuales (h^2i) y de familia (h^2F) para número de cotiledones son valores medios de 0.50 a 0.70 respectivamente, con relación a las h^2i y de h^2F para longitud de hojas cotiledonares que presentaron valores altos de de 0.85 a 0.93, respectivamente.

h). Para diámetro a la base de la plántula, longitud de hipocótilo, epicótilo y altura total, del 100 % de la variación, el 80 % está representado por el error dentro de familias y en una proporción baja entre familias.

i). Los valores de heredabilidad individual (h^2i), para las variables morfológicas longitud de hipocótilo, epicótilo, altura total y diámetro a la base de la plántula son menores que los de heredabilidad familiar (h^2F), sin embargo, ambas heredabilidades disminuyeron considerablemente a través del tiempo, excepto para longitud del hipocótilo donde la heredabilidad individual y familiar incremento a los seis meses.

j). El peso tanto para la parte aérea, radicular y total, en estado fresco y seco, presentaron diferencias significativas entre familias, excepto para peso radicular seco

a seis meses de edad. Estas variables presentan ser buenos estimadores que refleja la calidad de la plántula así como la capacidad de adaptación de la especie bajo condiciones favorables y adversas.

k). Para peso fresco y seco, total, aérea y radicular, la mayor variación es causada por efectos del error dentro de familias, lo cual involucra algunos aspectos genéticos no evaluados y algunos factores como temperatura, humedad, competencia, densidad, nutrición, etc. Con valores bajos, para la fuente de variación de familias e insignificante para la variación entre muestras dentro de familias.

l). Los valores de heredabilidad para la variable peso, tanto en estado fresco y seco para la parte total, aérea y radicular para las dos etapas de evaluación (3 y 6 meses) son altos, con valores de heredabilidad individual (h^2_i), menor que los de heredabilidad familiar (h^2_F), sin embargo ambas heredabilidades disminuyen a través del tiempo.

Como resultado de las experiencias obtenidas en este trabajo se hacen las siguientes recomendaciones:

A pesar de los resultados encontrados en este periodo de tiempo, es necesario evaluar las 25 familias de *Pinus johannis* establecidas en campo para condiciones definitivas y conocer si la variación es similar o cambia.

Continuar con el estudio fenológico para apreciar más fases reproductivas.

Se recomienda utilizar sustratos inertes y cajas de “styrobloc” ya que facilitan el manejo, se aprovecha más el agua y permiten la nutrición de la plántula en estado juvenil y para el tiempo de evaluación.

6 LITERATURA CITADA

- Aldrete M., E. 1981. Estudios Ecológicos de los agostaderos del Noreste del estado de Zacatecas. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp. 142 -149 y 8 -15.
- Alvarez B, A. 1997. Apuntes del curso genética cuantitativa. Instituto de investigaciones Forestales. La Habana República de Cuba. 63 p.
- Ayala, F. J. y A. Kiger. 1984. Genética moderna. Fondo Educativo Interamericano. México, D. F. pp. 637 – 643.
- Balocchi, C. y R. Delmastro. 1993. Principios de genética forestal. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales.

179 p.

Bello G., M. 1983. Estudios fenológicos de cinco especies de pinos de la región de Uruapan, Michoacán. Boletín técnico No. 96. INIF, SARH. México, D. F. 49 p.

Bermejo.V., B. 1993. Genetic diversity and the mating system. In *Pinus engelmannii* Carr. Ph. D. Dissertation, University of Wisconsin, Madison, WI, U. S. A. 91p.

Bidwel, R. C. S. 1990. Fisiología vegetal. AGT. México, D.F. 784 p.

Callaham, R. Z. 1964. Investigación de procedencias, estudio de la diversidad genética asociada con la geografía. Unasylva 18 (73). pp. 48.

Camacho, M. F. 1994. Fisiología de la germinación en: semillas forestales. INIFAP, División Forestal. Publicación especial No. 2. México, D.F. pp 12 - 31.

Capó A., M. y García M., A.1989. Variación morfológica y fisiológica entre especies y procedencias de los pinos piñoneros *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus maximartinezii* Rzedowski y de *Pinus ayacahuite* Erhen. En: Tercer Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. Saltillo, Coah. U. A. A. A.N. pp 59 – 63.

Cervantes R., L. y C. Sáenz R. 1984. Heredabilidad de algunas características tempranas de *Pinus cembroides* Zucc. Xv Congreso de Fitogenética. 190.p

CETENAL. 1975. Carta topográfica, G14C62. Concepción del Oro, Zacatecas. Escala 1: 50,000.

Chávez R., R. 1994. Fisiología y morfología de plántulas en diez procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en invernadero. Tesis profesional. U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coah. 113 p.

- Czabator, F. J. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8 (25):79-83.
- Diehl, R., y J. M. Mateo. 1978. *Fitotecnia general*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 106 p
- Durye, M. L. 1984. Prácticas culturales en invernadero; impacto sobre calidad de semillas. En: *Manual sobre invernaderos forestales*. pp. 144 - 147.
- Djavanshir, K. y Pourbeik, H. 1976. Germination value a new formula. *Silvae genética*. 25:79-83.
- Eguiluz P., T. 1989. Selección y ganancia genética en bosques naturales vs plantaciones. En: *curso de mejoramiento genético y plantaciones forestales*. Ed. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. pp. 94 – 110.
- Eguiluz P., T. 1984. Variación Natural y propiedades de la madera de los *Pinus* Mexicanos. En: *XIV Reunión del grupo de mejoramiento genético forestal*. Durango, Durango. pp. 16.
- Falconer, D. S. 1986. *Introducción a la genética cuantitativa*. CECSA. México. 383 p.
- Furnier, G. R. 1997. Métodos para medir variación genética en las plantas En: *Seminario - Taller sobre manejo de recursos genéticos forestales*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. pp. 23 – 36.
- Hartmann, H. T. Y D. E. Kester. 1981. *Propagación de plantas; principios y prácticas*. Segunda Edición. Ed. C.E.C.S.A., México. 226 p.
- Hernández, M. E. 1995. Prueba de progenie de *Pinus greggii* Engelm. procedencias los Lirios, en el C. A. E. S. A. Arteaga, Coahuila. Tesis profesional U. A. A. N. Buenavista, Saltillo,

Coahuila, México. 56 p.

Hocker Jr., W. H. 1984. Introducción a la biología forestal. Ed. A. G. T. México. 446 p.

INEGI.1992. Carta de efectos climáticos, Mayo – Octubre. G1410. Concepción del Oro, Zacatecas. Escala 1: 250,000.

Koslowski, T. T. 1971. Seed germination, ontogeny and shoot growth. In: Growth and development of trees. Academic Press, N. Y. 56 p.

Lieth, H. 1970. Phenology in productivity studies. In: Analysis of temperate forest ecosystems. Springer - Verlag. Berlin. pp. 290 - 295.

López, U. J., Vargas H. y Mendoza. 1994. Variación entre y dentro de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. a nivel plántula. Xv Congreso de fitogenética. 190 p.

Mendoza A., J. M. 1983. Agrometeorología. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 615 p.

Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Tercera edición. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 389 p.

Muñoz C., E. 1995. Variación morfológica en acículas, conos y plántulas en distintas procedencias de *Pinus cembroides* Zucc. Tesis profesional. U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 97 p.

Niembro R., A. 1984. Reproducción sexual en especies forestales. Departamento de Bosques, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 100 - 119.

- Niembro R., A. 1986. Mecanismo de reproducción sexual en pinos. Ed. Limusa. primera edición. México. 119 p.
- Nienstaedt, H. 1990. Importancia de la variación natural. En: Memoria de Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo, México. pp. 17 - 27.
- Ostle, B. 1981. Estadística aplicada, técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. Limusa. México, D. F. 629 p.
- Perry Jr., J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. USA. 231 p.
- Plancarte B., A. 1992. Estimación temprana de heredabilidad y ganancia genética en una prueba de progenie de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Agrociencia 2, (18), 25 p.
- Ramírez G., J. y F. Napamuceno M. 1986. Fenología de tres especies de coníferas de la región de los "Altos de Chiapas". Ciencia forestal. 60 (11): 22 - 25.
- Robert, M. F. 1978. Un nouveau pin pignon mexicain: *Pinus johannis* M. Robert. Adasonia, ser. 2, 18 (3): 365. Paris.
- Ruíz G., C. y E. Velazco B. 1994. Crecimiento y distribución de biomasa en plántulas de *Pinus engelmannii* Carr. bajo dos niveles de humedad del suelo. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 103 p.
- Scheffler, W. C. 1981. Bioestadística. Ed. Fondo Educativo Interamericano. México, D. F. 539 p.
- SEDESOL. 1994. NOM-059-ECOL. Especies y subespecies de flora y fauna silvestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial. Diario

Oficial de la Federación. Tomo CDLXXXVIII. No. 10. México, D. F. pp. 2 - 56.

Spurr, S. H. Y B. V. Barnes. 1980. Ecología forestal. Ed. A. G. T. México. 690 p.

Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1988. Biestadística: principios y procedimientos. Ed. McGraw-Hill. México, D.F. 622 p.

Valencia M., S. 1992. Estimación de parámetros genéticos en dos pruebas de progenie del huerto de *Pinus caribaea* Var. *caribaea* Morelet. de la Sabana, Oaxaca. Tesis profesional. U. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coah. 113 p.

Vargas H., J. 1985. Respuesta a la sequía de 4 especies de *Pinus* en estado de plántula. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 99 p.

Went, W. I. 1979. Las plantas. Ed. Offsen multicolor. México. 151 p.

Wright, J. W. 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales. FAO. Estudios de silvicultura y productos forestales. No. 16. Roma. 436 p.

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

ANEXOS

Simbología utilizada en anexos:

FV	Fuente de variación
GL	Grados de libertad
SC	Suma de cuadrados
CM	Cuadrado medio
F c	F calculada
PR>F	Probabilidad de F calculada
**	Altamente significativo, al nivel 1% de probabilidad
*	Significativo, al nivel 5% de probabilidad
ei	Efectos iguales

Anexo 1. Análisis de varianza para los parámetros evaluados en plántulas de *Pinus Johannis* a los tres meses de edad (componentes de varianza).

VARIABLE	FV	GL	SC	CM	FC	PR>F
Indice de germinación de Djavinsheer y Pourbeik	Mod. General	24	975.5668582	40.6486191	5.49	0.0001 **
	Familia	24	975.5668581	40.64861909	5.52	0.0001 **
	Error	75	555.6713680	7.40895157		
	Total	99	1531.238226			
Indice de germinación de Czabator	Mod. General	24	3726.700962	155.279207	8.04	0.0001 **
	Familia	24	3726.700962	155.27920676	7.96	0.0001 **
	Error	75	1448.763406	19.31684542		
	Total	99	5175.464368			
Porciento de emergencia	Mod. General	24	23272.60453	969.69186	11.42	0.0001 **
	Familia	24	23272.60452	969.69185525	11.12	0.0001 **
	Error	75	6369.08485000	84.921113133		
	Total	99	29641.68937			
Núm. de hojas cotiledonares	Mod. General	84	138.0882353	1.6439076	1.46	0.0128 *
	Familia	16	80.48823529	5.03051471	5.94	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	57.60000000	0.84705882	0.75	0.9167 ei
	Error	255	286.5000000	1.12352941		
	Total	339	424.5882352			
Longitud de hojas cotiledonares	Mod. General	84	3167.952941	37.713725	251	0.0001 **
	Familia	16	2135.152941	133.44705882	8.79	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	1032.80000000	15.18823529	1.01	0.4594 ei
	Error	255	3825.000000	15.00000000		
	Total	339	6992.952941			
Ancho de hojas cotiledonares	Mod. General	84	1.70323529	0.02027661	0.86	0.7818 ei
	Familia	16	0.37423529	0.02338971	1.20	0.2934 ei
	Muestra (trat)	68	1.32900000	0.01954412	0.83	0.8134 ei
	Error	255	5.98250000	0.02346078		
	Total	339	7.68573529			
Diámetro de la base de la plántula	Mod. General	84	8.56647059	0.10198179	2.94	0.0001 **
	Familia	16	5.94047059	0.37127941	9.61	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	2.62600000	0.03861765	1.11	0.2778 ei
	Error	255	8.86000000	0.03474510		
	Total	339	17.42647059			
Longitud de hipocótilo	Mod. General	84	2742.488235	32.648669	1.59	0.0034 **
	Familia	16	1685.48823529	105.34301471	6.78	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	1057.00000000	15.54411765	0.75	0.9157 ei
	Error	255	5250.25000000	20.58921569		
	Total	339	7992.73823529			
Longitud de epicótilo	Mod. General	84	5980.723529	71.199090	2.15	0.0001 **
	Familia	16	4000.02352941	250.00147059	8.58	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	1980.70000000	29.12794118	0.88	0.7325 ei
	Error	255	8448.50000000	33.13137255		
	Total	339	14429.22352941			
Altura total	Mod. General	84	12072.95294	143.72563	1.78	0.0003 **
	Familia	16	8123.65294118	507.72830882	8.74	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	3949.30000000	58.07794118	0.72	0.9464 ei
	Error	255	20584.75000000	80.72450980		
	Total	339	32657.70294118			
Peso total fresco	Mod. General	49	1.85950450	0.03794907	3.31	0.0001 **
	Familia	16	1.56804200	0.06533508	5.60	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	0.29146250	0.01165850	1.02	0.4477 ei
	Error	255	1.71767500	0.01145117		
	Total	339	3.57717950			
Peso aéreo fresco	Mod. General	49	0.85126250	0.01737270	2.16	0.0002 **
	Familia	16	0.70312500	0.02929687	4.94	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	0.14813750	0.00592550	0.74	0.8125 ei
	Error	255	1.20632500	0.00804217		
	Total	339	2.05758750			
Peso radicular fresco	Mod. General	49	0.24860000	0.00507347	2.96	0.0001 **
	Familia	16	0.18670000	0.00777917	3.14	0.0030 *
	Muestra (trat)	68	0.06190000	0.00247600	1.45	0.0918 *
	Error	255	0.25675000	0.00171167		
	Total	339	0.50535000			
Peso total seco	Mod. General	49	0.12501250	0.00255128	2.81	0.0001 **
	Familia	16	0.09720000	0.00405000	3.64	0.0010 **
	Muestra (trat)	68	0.02781250	0.00111250	1.23	0.2261 ei
	Error	255	0.13617500	0.00090783		
	Total	339	0.26118750			
Peso aéreo seco	Mod. General	49	0.07740000	0.00157959	2.24	0.0001 **
	Familia	16	0.06262500	0.00260937	4.42	0.0002 **
	Muestra (trat)	68	0.01477500	0.00059100	0.84	0.6864 ei
	Error	255	0.10560000	0.00070400		
	Total	339	0.18300000			
Peso radicular seco	Mod. General	49	0.01501800	0.00030649	2.28	0.0001 **
	Familia	16	0.00759300	0.00031637	1.07	0.4374 ei
	Muestra (trat)	68	0.00742500	0.00029700	2.21	0.0018 **
	Error	255	0.02015000	0.00013433		
	Total	339	0.03516800			

Anexo 2. Análisis de varianza para los parámetros evaluados en plántulas de *Pinus johannis* a los seis meses de edad (componentes de varianza).

VARIABLE	FV	GL	SC	CM	FC	PR>F
Diámetro de la base de la plántula	Mod. General	84	15.62205882	0.18597689	2.09	0.0001 **
	Familia	16	11.27905882	0.70494118	11.04	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	4.34300000	0.06386765	0.72	0.72 ei
	Error	255	22.67500000	0.08892157		
	Total	339	38.29705882			
Longitud de hipocótilo	Mod. General	84	2999.547059	35.708894	2.10	0.0001 **
	Familia	16	2042.747058	127.67169118	9.07	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	956.800000	14.07058824	0.83	0.8245 ei
	Error	255	4343.500000	17.03333333		
	Total	339	7343.047058			
Longitud de epicótilo	Mod. General	84	4091.04705	48.702941	0.96	0.5862 ei
	Familia	16	2044.44705	127.77794118	4.25	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	2046.60000	30.09705882	0.59	0.9945 ei
	Error	255	12982.00000	50.90980392		
	Total	339	17073.04705			
Altura total	Mod. General	84	10248.07647	122.00091	1.62	0.0023 **
	Familia	16	6509.07647	406.81727941	7.40	0.0001 **
	Muestra (trat)	68	3739.00000	54.98529412	0.73	0.9383 ei
	Error	255	19209.25000	75.33039216		
	Total	339	29457.32647			
Peso total fresco	Mod. General	49	20.22508050	0.41275674	0.94	0.0012 **
	Familia	16	15.00036800	0.62501533	2.99	0.0042 **
	Muestra (trat)	68	5.22471250	0.20898850	0.98	0.4920 ei
	Error	255	31.8628750	0.21241917		
	Total	339	52.0879555			
Peso aéreo fresco	Mod. General	49	4.5623405	0.09310899	1.87	0.0023 **
	Familia	16	3.2997780	0.13749075	2.72	0.0079 **
	Muestra (trat)	68	1.2625625	0.05050250	1.01	0.4558 ei
	Error	255	7.4872750	0.04991517		
	Total	339	12.0496155			
Peso radicular fresco	Mod. General	49	9.7502920	0.19898555	2.06	0.0005 **
	Familia	16	7.2775170	0.30322988	3.07	0.0036 **
	Muestra (trat)	68	2.4727750	0.09891100	1.02	0.4407 ei
	Error	255	14.4950500	0.09663367		
	Total	339	24.2453420			
Peso total seco	Mod. General	49	0.97656250	0.04033801	2.41	0.0001 **
	Familia	16	1.49077500	0.06211563	3.20	0.0027 **
	Muestra (trat)	68	0.48578750	0.01943150	1.16	0.2840 ei
	Error	255	2.50852500	0.01672350		
	Total	339	4.48508750			
Peso aéreo seco	Mod. General	49	0.64513450	0.01316601	2.59	0.0001 **
	Familia	16	0.52112200	0.02171342	4.38	0.0002 **
	Muestra (trat)	68	0.12401250	0.00496050	0.98	0.5003 ei
	Error	255	0.76112500	0.00507417		
	Total	339	1.40625950			
Peso radicular seco	Mod. General	49	0.49843200	0.01017208	2.11	0.0003 **
	Familia	16	0.35603200	0.01483467	2.60	0.0104 **
	Muestra (trat)	68	0.14240000	0.00569600	1.18	0.2637 ei
	Error	255	0.72220000	0.00481467		
	Total	339	1.22063200			

