



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE BIOLOGÍA**

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**Variación genética altitudinal entre procedencias de
Pinus devoniana Lindl., evaluada en un ensayo de corta
duración.**

TESIS

**Que para obtener el grado de
Maestro en Conservación y Manejo de los Recursos Naturales**

Presenta:

SELENE AGUILAR AGUILAR

Director de tesis

Dr. Cuauhtémoc Sáenz Romero

**MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO
OCTUBRE 2006**



C.DR.
JAVIER PONCE SAAVEDRA,
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
DE LA FACULTAD DE BIOLOGIA, UMSNH
P R E S E N T E

Por este conducto nos permitimos comunicarle que después de haber revisado el manuscrito final de la Tesis de Grado titulada "**VARIACION GENETICA ALTITUDINAL ENTRE PROCEDENCIAS DE Pinus devoniana Lindl., EVALUADA EN UN ENSAYO DE CORTA DURACION**", Presentado por la Biol. Selene Aguilar Aguilar, estudiante del programa de **Maestría en Conservación y Manejo de Recursos Naturales**, consideramos que reúne los requisitos suficientes para ser publicada y defendida en Examen Profesional de Grado.

Agradecemos de antemano su atención y reiteramos a Usted nuestra mas alta y distinguida estima.

ATENTAMENTE

Morelia, Mich., a 23 de Febrero de 2006

MIEMBROS DE LA COMISION REVISORA



DR. CUAUHTEMOC SAENZ ROMERO
DIRECTOR DE TESIS


M.C. XAVIER MADRIGAL SANCHEZ
PRESIDENTE


DR. ROBERTO A. LINDIG CISNEROS
SECRETARIO


M.C. ARTURO CARRILLO SANCHEZ
VOCAL

Dedicatoria

A la persona que más me ha apoyado en estos últimos años, quien ha estado junto a mí en toda ocasión y me ha brindado amor, comprensión y apoyo incondicional y por lo cual se ha convertido en la persona más importante de mi vida, a ti te dedico este esfuerzo, por que en gran medida mi superación ha sido pensando en nosotros a futuro, para ti: Omar Escalante Linares.

A mi familia que me ha apoyado siempre, especialmente mis padres Victoriano Aguilar Rauda y Rosaura Aguilar de Aguilar, que me han dado todo su amor y comprensión y por que aun me siguen apoyando con todo lo que está a su alcance. A mis hermanos Grandi, Aldo, Rosa y Víctor que han sido excelentes compañeros de vida.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT y a la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH por el apoyo financiero.

De forma muy especial a mi asesor el Dr. Cuauhtémoc Sáenz Romero, por el gran apoyo, la confianza y la paciencia que tuvo al dirigirme en la realización de este trabajo, apoyo que solo una persona tan especial y generosa puede brindar.

A la comisión revisora M.C. Xavier Madrigal Sánchez, Dr. Roberto A. Lindig Cisneros, y al M.C. Arturo Carrillo, por la revisión y corrección del manuscrito.

Agradezco a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y a la Facultad de Biología por permitirme realizar mis estudios de maestría.

A todos mis profesores que impartieron los cursos de la Maestría en Conservación y Manejo de los Recursos Naturales y al Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales de la UMSNH por las facilidades prestadas.

A mis compañeros de laboratorio Víctor y José Carmen por el apoyo prestado en el proyecto.

A todos.....

¡Gracias!

CONTENIDO

	Pag.
INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
SUMMARY.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. VARIACIÓN GENÉTICA ALTITUDINAL DE <i>Pinus devoniana</i> Lindl. (<i>P. michoacana</i> Martínez) EN UN ENSAYO DE VIVERO.....	5
2.1. RESUMEN.....	5
2.2. SUMMARY.....	6
2.3 INTRODUCCIÓN.....	7
2.4. MÉTODOLÓGÍA.....	8
2.5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	8
2.5.1. Localización del transecto.....	8
2.5.2. Mapa de localización del transecto.....	9
2.5.3. Localización del experimento.....	10
2.6. RESULTADOS	13
2.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19
3. DURACIÓN DEL ESTADO CESPITOSO EN <i>Pinus devoniana</i> Lindl. (<i>P. michoacana</i> Martínez).....	20
3.1. RESUMEN.....	20
3.2. SUMMARY.....	21
3.3. INTRODUCCIÓN.....	22
3.4. METODOLOGÍA.....	23
3.5. RESULTADOS.....	25
3.6. APLICACIONES DE MANEJO	27
3.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	29
4. VARIACIÓN GENÉTICA ALTITUDINAL ENTRE PROCEDENCIAS DE <i>Pinus devoniana</i> Lindl. (<i>P. michoacana</i> Martínez), EVALUADA EN UN ENSAYO DE CORTA DURACIÓN.....	30
4.1. RESUMEN.....	30
4.2. SUMMARY.....	31
4.3. INTRODUCCIÓN.....	32
4.4. MÉTODOLÓGÍA.....	34
4.5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	34
4.5.1. Localización del transecto.....	34
4.5.2. Mapa de localización del transecto.....	35
4.5.3. Localización del experimento.....	36
4.6. RESULTADOS	38
4.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
5. DISCUSION GENERAL.....	44
6. LITERATURA CITADA.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
1. Ubicación de los sitios de colecta de <i>Pinus devoniana</i>	8
2. Componente de la varianza en porcentaje y significancia de procedencias....	13
3. Calendario de actividades para reforestar con <i>P. devoniana</i>	27
4. Ubicación de los sitios de colecta de <i>Pinus devoniana</i>	34
5. Análisis de varianza para altura (dos años).....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
1. Localización del transecto de colecta San Miguel del Monte – Tumbisca, Mpio. de Morelia, Mich.....	9
2. Índice de crecimiento cespitoso para tallo y hojas en plantas de <i>P. devoniana</i> a la edad de 4 meses	11
3. Medias por procedencias del número de cotiledones.....	14
4. Medias por procedencias de la longitud de cotiledones.....	14
5. Medias por procedencia para índice de crecimiento cespitoso de tallo.....	15
6. Medias por procedencia en crecimiento cespitoso de hojas.....	16
7. Medias por procedencia del índice de estado cespitoso total.....	17
8. Medias por procedencia de altura a los 3 meses.....	17
9. Medias por procedencia de altura a los 8 meses.....	18
10. Incremento en altura de planta de <i>Pinus devoniana</i>	24
11. Regresión lineal para el incremento en altura, antes del rompimiento del estado cespitoso.....	26
12. Regresión lineal para el incremento en altura, durante el periodo de rápido crecimiento.....	26
13. Localización del transecto de colecta San Miguel del Monte – Tumbisca, Mpio. de Morelia Mich	35
14. Medias de la altura de la planta a los dos años contra la altitud de las procedencias.....	39
15. Regresión cuadrática de medias de alturas a los dos años, contra altitud para <i>P. devoniana</i> var. <i>devoniana</i> (1600 a 1850 m).....	39
16. Regresión lineal de medias de altura a los dos años contra la altitud de la procedencia, para <i>P. devoniana</i> var. <i>cornuta</i>	40
17. Regresión cuadrática de medias de altura a los dos años contra la altitud de la procedencia, para <i>P. devoniana</i> var. <i>cornuta</i>	41
18. Regresión cuadrática de medias de altura a los dos años contra la altitud de la procedencia, para <i>P. devoniana</i> var. <i>cornuta</i> , sin el sitio a 2350 msnm.....	41

RESUMEN

Con el objeto de detectar las diferencias genéticas entre poblaciones en plantas de *Pinus devoniana* en sus primeras etapas de desarrollo, se estableció un ensayo de procedencias en vivero con semilla colectada en un transecto altitudinal desde los 1600 hasta los 2450 msnm, en el municipio de Morelia, Michoacán. Posteriormente se realizó un análisis de varianza para los siguientes caracteres: número y longitud de cotiledones, índice de crecimiento cespitoso y alturas a las edades de tres y ocho meses, en el que se encontraron diferencias significativas entre procedencias ($P = 0.0001$), y se encontró un patrón altitudinal para todos los caracteres evaluados (Parte 2). Con la finalidad de registrar la duración del estado cespitoso, se realizaron dos mediciones de altura en vivero y en la cama de crecimiento cada tres semanas y de forma semanal durante la temporada de elongación, hasta la edad de dos años. Se encontró, que el patrón de crecimiento previo al rompimiento del estado cespitoso no es nulo, sino muy lento, a razón de aproximadamente 10.9 cm por año. El crecimiento después del rompimiento del estado cespitoso fue muy acelerado, a razón aproximadamente de 106.15 cm por año (Parte 3). Adicionalmente, se determinó que existe variación genética significativa ($P = 0.01$) entre procedencias en caracteres de crecimiento, con las alturas a los 2 años. Se observó un patrón de crecimiento altitudinal en el que parece haber dos zonas altitudinales, que parecen relacionarse con la existencia de dos variedades dentro de *Pinus devoniana*, que se podrían identificar como *P. devoniana* var. *devoniana* y *P. devoniana* var. *cornuta*, lo que concuerda con un previo estudio morfológico de (Aguilar, 2004 y Sáenz et al., 2006) para ambas variedades las poblaciones con mayor potencial de crecimiento se ubican en la parte intermedia de su rango altitudinal. Se sugiere delimitar dos zonas de producción y colecta de semilla: Zona I (1600 a 1900 m de altitud), y Zona II (1950 a 2450 m), que corresponden a *Pinus devoniana* var. *devoniana* y *P. devoniana* var. *cornuta*, respectivamente. Dentro de estas zonas, se sugiere colectar semilla de los intervalos altitudinales de 1650 a 1750 msnm y 2250 a 2300 msnm de las zonas I y II, respectivamente, por ser las zonas con mayor potencial de crecimiento (Parte 4).

Palabras clave: *Pinus devoniana*, variación genética, procedencias, crecimiento en altura, estado cespitoso.

SUMMARY

In order to detecting the genetic differences among populations in plants of *Pinus devoniana* in their first development stages, a rehearsal of origins settled down in common garden with seed collected in a altitudinal transect from the 1600 until the 2450 msnm, in the municipality of Morelia, Michoacan. Later was carried out a variance analysis for the following characters: number and longitude of cotyledons, index of growth grass stage and heights to the ages of three eight months, in which they were significant differences among origins ($P = 0.0001$), and he was a patron altitudinal for all the evaluated characters (it Leaves 2). With the purpose of registering the duration of the grass stage, they were carried out two mensurations of height in common garden and in the bed of growth every three weeks and in a weekly way during the elongation season, until the two year-old age. He was that the pattern of previous growth to the break of the grass stage is not null, but very slow, to reason of approximately 10.9 cm per year. The growth after the break of the grass state was very quick, to reason approximately of 106.15 cm per year (it Leaves 3). Additionally, it was determined that significant genetic variation exists ($P = 0.01$) among origins in characters of growth, with the heights to the 2 years. A pattern of growth altitudinal was observed in the one that seems to have two altitudinal areas that seem to be related with the existence of two varieties inside *Pinus devoniana* that could be identified as *P. devoniana* var. *devoniana* and *P. devoniana* var. *cornuta*, what agrees with a previous morphological studies of (Aguilar, 2004 and Sáenz et to the, 2006) for both varieties the populations with more potential of growth are located in the intermediate part of their range altitudinal. It is suggested to define two production areas and seed collection: Area I (1600 to 1900 m of altitude), and Area II (1950 to 2450 m) that correspond *Pinus devoniana* var. *devoniana* and *P. devoniana* var. *cornuta*, respectively. Inside these areas, it is suggested to collect seed of the intervals altitudinales from 1650 to 1750 msnm and 2250 to 2300 msnm of the areas I and II, respectively, to be the areas with more potential of growth (it Leaves 4).

Words key: *Pinus devoniana*, genetic variation, origins, growth in height, grass stage.

El presente trabajo se llevó a cabo con apoyo financiero a Dr. Cuauhtémoc Sáenz Romero, del Fondo sectorial CONACYT-CONAFOR Proyecto 2002-C01-4655, y de la Coordinación de Investigación Científica de la UMSNH proyecto 5.1.

1. INTRODUCCIÓN

México es uno de los países con mayor riqueza de pinos en el mundo y es un centro de diversificación natural, siendo el hábitat de más de la mitad de las especies de este género en el mundo. Se han registrado 47 especies y 20 taxas intraespecíficos, más de 400 nombres han sido propuestos para el total de 110 especies de pinos (Farjon y Styles, 1997; Ledig, 1997).

La República Mexicana tiene una superficie forestal total de 141.74 millones de ha; de las cuales se calcula que la superficie arbolada con potencial para la producción maderable comercial es de 21.6 millones de ha, de las cuales 10.8 pertenecen a bosques de coníferas y latifoliadas, 6.6 a selvas altas y medianas y 4.2 a latifoliadas de clima templado. El incremento total anual estimado en bosques de coníferas es de 24.9 millones de m³, de los cuales 33.4 % corresponde a bosque de coníferas cerrados y 25.8 % a bosques de coníferas abiertos. El incremento restante, que asciende a 10.2 millones de m³ (40.8 %), tiene su origen en bosques mezclados de coníferas y latifoliadas (Hernández M, E. *et al.*, 1999).

El estado de Michoacán posee importantes recursos forestales por su cantidad, diversidad e importancia económica. Ocupa el tercer lugar nacional en producción de madera (aproximadamente 1 millón m³/año, después de Chihuahua y Durango) y el primer lugar nacional en producción de resina (35 mil ton/año), no obstante que ocupa el sexto lugar nacional en existencias maderables (COFOM, 2001). Desde el punto de vista biológico, Michoacán es conocido e importante por su diversidad florística y de la fauna, debido a las regiones fisiográficas, ubicación geográfica, amplia variación en altitud, longitud y latitud, posee diversos medios ecológicos para el desarrollo de la vegetación y fauna silvestre (Madrigal, 1992; Gómez-Tagle, 1992).

Los principales conflictos por el uso de recursos forestales es particularmente preocupante en México, donde se registran las siguientes condiciones: a) el 80 % de los bosques son propiedad de ejidos y comunidades, b) existen altas densidades de población, particularmente en los bosques templados de la parte centro-sur de México, c) existe una rica experiencia indígena ligada al aprovechamiento de los recursos naturales, donde se estima que unas 15,000 personas basan su economía en la producción artesanal maderable, d) la pobreza y falta de empleo en el campo son generalizados (Navia y Masera, 1997). En cuanto a Michoacán, se encuentra entre las entidades con las tasas más altas de pérdida de bosques, que equivale a más de 50 mil hectáreas por año para la estimación baja de Masera (1996). La estimación oficial es de aproximadamente 35,000 ha/año (COFOM, 2001).

Uno de los principales problemas es la poca supervivencia de las plantas en las reforestaciones forestales, no sólo del estado, sino del país. Se estima que la supervivencia promedio de las reforestaciones en el estado, al año siguiente de la plantación, es en promedio para el país, de 37.8 % debido a diversas causas, como lo son selección inadecuada de especies, sequía, heladas, fauna nociva, entre otras (Sáenz y Lindig, 2004). La selección inadecuada de especies es una de las principales causas de esta baja supervivencia (Sáenz y Lindig, 2004).

Las diferencias ambientales entre los sitios en que crece una especie, funcionan como presión de selección diferencial, lo que promueve la diferenciación genética entre procedencias (orígenes geográficos de semilla), por lo que cada una se adapta a tolerar un ambiente específico. Las diferencias genéticas entre procedencias pueden ser grandes, especialmente en el caso de 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 (Zobel y Talbert, 1992). Por lo anterior es de gran importancia el establecimiento de ensayos de procedencias, ya que es el procedimiento más común para comparar el comportamiento y la productividad de poblaciones en sitios y ambientes diferentes, previamente caracterizados (Rodríguez *et al.*, 2002).

Los ensayos de procedencias se han realizado con el fin de obtener información sobre el tipo de adaptación de las poblaciones con su lugar de origen. Se ha encontrado que los patrones geográficos de variación genética, son en parte dependientes de la variación altitudinal (Rehfeldt, 1983a), por lo que se han establecido patrones diferenciales de adaptación, en el gradiente altitudinal de las procedencias, especialmente cuando los sitios donadores de semilla son lugares elevados donde hay una probabilidad de heladas alta y la semilla procedente de lugares con estas características, tiende a proporcionar individuos con menor crecimiento, que los que provienen de lugares con menor nivel altitudinal (Rehfeldt, 1983b).

Debido a la amplia variación morfológica de *Pinus devoniana* Lindl. (*Pinus michoacana* Martínez), existen discrepancias entre diferentes autores respecto a la aceptación de variedades y del nombre mismo. Martínez (1948) llamó a esta especie *P. michoacana* y propuso las variedades *cornuta* y *quevedoi*, además de las formas *nayaritana*, *tumida* y *procera*. Esta clasificación en general es apoyada por Perry (1991). Sin embargo McVaugh (1992) y Farjon -Styles (1997) coinciden en que el nombre correcto de la especie es *P. devoniana* (debido a que originalmente así fue determinado por Lindley) y no reconocen la existencia de ninguna variedad ni forma dentro de la especie. Farjon, et al. (1997), mencionan que los conos de esta especie son muy variables, lo que posiblemente influyó en el establecimiento de las variedades y formas de Martínez (1948) y también probablemente debido al limitado conocimiento de la variación en y entre las poblaciones (Musálem y Sánchez, 2002).

Pinus devoniana se extiende del Centro de México al Centro de Guatemala. En México se encuentra en los estados de Nayarit, Zacatecas, Jalisco, Colima, Michoacán, Hidalgo, México, Puebla, Morelos, Guanajuato, Tlaxcala, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Chiapas (Figura 1), y en la República de Guatemala en los departamentos de Totonicapán, Quiché, Quetzaltenango, Chimaltenango, Sacatepequez y Guatemala (Perry, 1991). En el estado de Michoacán se encuentra

el las localidades de Uruapan, Cherán, Nahuatzen, Paracho, Pátzcuaro, Los Reyes, Salvador Escalante, Tacámbaro, Tingambato, Tumbiscatío y Tuxpan (Semarnat, PROCYMAF, 1995). En asociación con *P. montezumae* Lambert, *P. pseudostrobus* Lindley, *P. leiophylla* Schiede, *P. maximinoi* Moore y *P. douglasiana* Martínez. Esta especie se encuentra en las zonas cálido-templadas en altitudes de 1,500 a 2,500 msnm (Perry, 1991).

En el presente trabajo con *P. devoniana* var. *devoniana* nos referiremos a *P. michoacana* (típico) Martínez., y con *P. devoniana* var. *cornuta* nos referiremos a *P. michoacana* var. *cornuta* Martínez.

Este trabajo pretende contribuir al conocimiento de la variación genética altitudinal, entre poblaciones de *P. devoniana* en ensayos de vivero y en una cama de crecimiento, así como al conocimiento de la duración del estado cespitoso (tipo de crecimiento que presenta *P. devoniana* en las primeras etapas de su desarrollo). Esta información es necesaria para establecer lineamientos para el movimiento de semilla y planta para mejorar la sobrevivencia y crecimiento de las reforestaciones. Por lo anterior, se estableció un ensayo de procedencias con individuos colectados en un gradiente altitudinal en el municipio de Morelia, Michoacán. El trabajo es una continuación de un trabajo previo elaborado como tesis de licenciatura y una publicación que actualmente se encuentra en preparación (Aguilar, 2004; y Aguilar y Sáenz et al ,2006).

La información obtenida en esta investigación se organizó en tres capítulos. En el capítulo dos se presenta el estudio de la variación genética altitudinal de *Pinus devoniana* Lindl. (*P. michoacana* Martínez) en un ensayo de vivero. En el capítulo tres se evalúa la duración del crecimiento cespitoso en *Pinus devoniana*. En el capítulo cuatro se muestra la variación genética altitudinal entre procedencias de *Pinus devoniana* evaluado en un ensayo de corta duración en una cama de crecimiento, con alturas evaluadas frecuentemente hasta que los individuos alcanzaron los dos años de edad.

2. VARIACIÓN GENÉTICA ALTITUDINAL DE *Pinus devoniana* Lindl. (*P. michoacana* Martínez) EN UN ENSAYO DE VIVERO

2.1. RESUMEN

Con el objeto de detectar las diferencias de crecimiento entre procedencias en plantas de *Pinus devoniana* en sus primeras etapas de desarrollo, se estableció un ensayo de procedencias en vivero, con semilla colectada en un transecto altitudinal desde 1600 hasta 2450 msnm, en el municipio de Morelia, Michoacán. Se realizó un análisis de varianza, se estimaron los componentes de la varianza, se realizó una prueba múltiple de medias y un análisis de regresión. En el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre procedencias ($P = 0.0001$) para todos los caracteres evaluados: número y longitud de cotiledones, índice de crecimiento cespitoso y alturas a las edades de tres y ocho meses. El análisis de regresión, indica que hay un patrón altitudinal para todos los caracteres evaluados y donde las procedencias de la parte baja (1600 a 1900 msnm, *P. devoniana* var. *devoniana*, equivalente a *P. michoacana* típico *sensu* Martínez, 1948), crecen más que las procedencias originadas en la parte alta de la distribución (2000 a 2450 msnm, *P. devoniana* var. *cornuta*, equivalente a *P. michoacana* var. *cornuta* *sensu* Martínez, 1948).

Palabras clave: *Pinus devoniana* Lindl., *Pinus michoacana* var. *cornuta* Martínez., ensayo de procedencias, diferenciación genética, crecimiento cespitoso.

2.2. SUMMARY

With the intention of detecting the differences of growth between origins in plants in *Pinus devoniana* his first stages of development, a test of origins in breeding ground settled down; with seed collected in altitudinal transect from 1600 to 2450 msnm, in the municipality of Morelia, Michoacan. A variance analysis was made, were considered the components of the variance, it was made a multiple test of averages and a regression analysis. In the variance analysis were significant differences between origins ($P = 0,0001$) for all the evaluated characters: number and length of cotyledons, grass stage and heights to the ages of three and eight months. The regression analysis, indicates that there is a altitudinal pattern for all the evaluated characters and where the origins of the low part (1600 to 1900 msnm, *P. devoniana* var. *devoniana*, equivalent to *P. michoacana* sensu Martinez, 1948), grow more than the origins originated in the high part of the distribution (2000 to 2450 msnm, *P. devoniana* var. *cornuta*, equivalent to *P. michoacana* var. *cornuta* sensu Martinez, 1948).

Key words: *Pinus devoniana* Lindl., *Pinus michoacana* var. *cornuta* Martinez, test of origins, genetic differentiation, grass stage.

2.3. INTRODUCCIÓN

Los patrones geográficos de variación genética entre poblaciones de coníferas en ocasiones son dependientes de la variación altitudinal ya que son el resultado de patrones diferenciales de adaptación a un gradiente altitudinal (Rehfeldt, 1983 a, 1983 b). Las poblaciones originadas en lugares con bajo nivel altitudinal originan individuos con mayor potencial de crecimiento, con mayor longitud de hojas, mayor tasa de elongación y tardío cese del periodo de elongación; en contraste con poblaciones originadas en sitios con nivel altitudinal mayor, donde se originan individuos con menor potencial de crecimiento y mayor resistencia a las heladas (Rehfeldt, 1987).

El conocimiento del patrón de crecimiento es importante, ya que puede utilizarse para desarrollar lineamientos y decidir el movimiento de semillas de manera que se garantice un mejor desarrollo y mayor sobrevivencia en las reforestaciones (Lanner, 1986).

Se ha demostrado que las poblaciones de *Pinus engelmannii* tienen un patrón de adaptación diferencial a condiciones de sequía, supervivencia, crecimiento anual en altura y fenología del brote terminal, de acuerdo con la variación geográfica. Con ello se demuestra la importancia de elegir las poblaciones, con un patrón estacional sincronizado a las condiciones ambientales de los sitios a reforestar, con el fin de evitar que las plantas inicien el alargamiento de yema antes de que haya pasado el periodo con riesgo de heladas, o que continúen esta etapa aún en presencia de las primeras temperaturas invernales (Rodríguez *et al.*, 2002).

El objetivo de este estudio fue determinar si existen diferencias genéticas significativas entre poblaciones de *Pinus devoniana* Lindl., colectadas en un transecto altitudinal y ensayadas en vivero.

2.4. METODOLOGÍA

2.5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.5.1. Localización del transecto.

Se colectó semilla en un transecto altitudinal entre el paraje conocido como Peña de San Pedro, cerca de la población de San Miguel del Monte (2450 msnm) y la población de Tumbisca (1600 msnm), en el ejido del mismo nombre, ambas poblaciones en el Municipio de Morelia, Michoacán.

Cuadro 1. Ubicación de los sitios de colecta de *Pinus devoniana*.

SITIO	ALTITUD (msnm)	LOCALIDAD	PARAJE	COORDENADAS GEOGRAFICAS	
				Latitud	Longitud
1	2450	SMM	Peña de San Pedro	19°35'52.10"	101°07'55.5"
2	2400	SMM	Peñas de San Pedro	19°35'55.70"	101°07'52.10"
3	2350	SMM	La Lobera	19°35'50.40"	101°07'41.60"
4	2300	SMM	La Virgencita	19°35'29.00"	101°07'18.70"
5	2250	CTSMM	Banco de balastre	19°34'57.40"	101°07'17.80"
6	2200	CTSMM	Banco de balastre	19°35'04.70"	101°07'03.90"
7	2150	CTSMM	Loma del Patio	19°35'17.30"	101°06'48.10"
8	2100	CTSMM	Loma del Patio	19°35'30.30"	101°06'42.70"
9	2050	CTSMM	La Cruz	19°35'34.80"	101°06'38.10"
10	2000	CTSMM	La Cruz	19°35'29.60"	101°06'30.60"
11	1950	CTSMM	El aserradero	19°35'12.30"	101°06'17.70"
12	1900	T	El Cuilito	19°35'00.70"	101°05'38.80"
13	1850	T	El Cuilito	19°35'00.90"	101°05'26.80"
14	1800	T	El Puertecito	19°35'05.90"	101°05'02.60"
15	1750	T	Cerrito Márquez	19°35'05.70"	101°04'48.20"
16	1700	T	El Reparó	19°34'48.30"	101°04'24.30"
17	1650	T	El Tularcillo	19°34'58.70"	101°04'06.20"
18	1600	T	El Tularcillo, Tumbisca	19°34'40.0"	101°03'55.2"

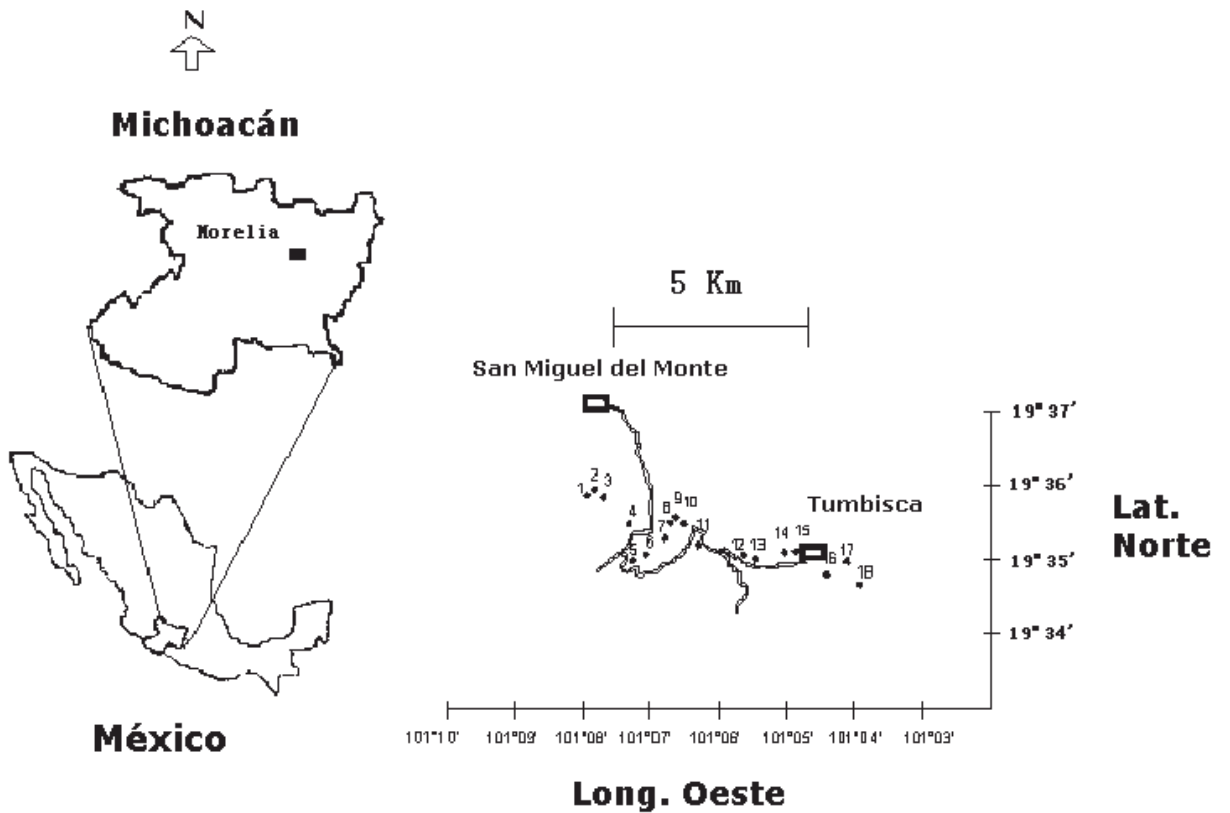
SMM = San Miguel del Monte, CTSMM = Camino Tumbisca - San Miguel del Monte, T = Tumbisca.

NOTA: No se incluyeron en el experimento, individuos de las procedencias 10 y 12, por el insuficiente número de individuos de la especie en dichos sitios.

En cada sitio se seleccionaron al azar entre 5 y 10 árboles, sólo tomando en cuenta que tuvieran conos maduros. De cada individuo se colectaron ramillas y conos. Los sitios se localizaron con una diferencia altitudinal de 50 m entre ellos.

2.5.2. Mapa de localización del transecto.

Figura 1. Localización del transecto de colecta San Miguel del Monte – Tumbisca, Mpio. de Morelia, Mich.



2.5.3. Localización del experimento.

El ensayo de procedencias progenie en vivero de *Pinus devoniana* se estableció en las instalaciones del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA), de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia Michoacán. El INIRENA se encuentra en las afueras de la ciudad de Morelia. En el municipio se tiene una altitud de 1,951 metros sobre el nivel del mar, con clima del subtipo templado de humedad media, con régimen de lluvias en verano de 700 a 1,000 milímetros de precipitación anual. Temperatura media anual de 16° centígrados (CIDEM, 2001).

Se estableció el ensayo de procedencias / progenies en vivero en envases rígidos de 350 cm³, con sustrato comercial (Creciroot[®]), con una malla sombra del 50 %. Se evaluaron número de cotiledones a los 15 días y longitud de cotiledones a los cinco meses, los índices de crecimiento cespitoso a los cuatro meses y altura de planta a los tres y ocho meses de edad.

El estado cespitoso se estimó mediante tres índices: para tallo, para hojas, y total (este último es una suma del índice de tallo y de hojas). Los índices de tallo y hojas podían tomar valores del 1 al 5, y el índice total valores del 2 al 10. Los valores de la categoría “1” para tallo correspondían a tallos delgados, con un mayor crecimiento en altura. Para hojas, corresponden a hojas relativamente cortas, muy flexibles, de color verde claro. Los valores de categoría “5” correspondían a tallos gruesos y cortos. Para hojas, correspondía a hojas muy largas, de color verde oscuro, con poca flexibilidad. Los valores intermedios (2 al 4) correspondían a una morfología intermedia. Los valores del índice de estado cespitoso “total” se obtuvieron simplemente sumando los valores de los índices de estado cespitoso de tallo y de hoja. Los valores de 1 para índice de tallo y de hoja y de 2 para índice total, indican un estado cespitoso poco pronunciado. Los valores de 5 para índice

de tallo y de hoja de 10 para índice total, indican un estado cespitoso muy pronunciado (Figura 2).

La razón por la que se midieron separadamente las características de tallos y hojas, es que ocasionalmente había individuos con valores opuestos para tallo y hojas. Sin embargo, generalmente los valores estaban positivamente correlacionados.

Figura 2. Índice de crecimiento cespitoso para tallo y hojas en plantas de *P. devoniana* a la edad de 4 meses.



Índice: 1 2 3 4 5

Se observan cinco individuos representativos de los valores del índice de estado cespitoso (el segundo individuo de izquierda a derecha es relativamente poco representativo del valor 2, ya que estos individuos tuvieron usualmente tallos un poco mas cortos y robustos que el de la imagen), (Figura 2).

Con las medias por procedencia se realizó una regresión contra la altitud a la que fueron colectadas las procedencias y posteriormente se graficaron los resultados.

Se realizó un análisis de varianza entre procedencias para cada uno de los caracteres evaluados, utilizando el procedimiento GLM del programa estadístico SAS (SAS, 1988). La contribución de cada fuente de variación a la varianza total, se estimó mediante el procedimiento VARCOMP de SAS (SAS, 1988). Se realizó una prueba múltiple de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$), se aplicó un análisis de regresión.

El modelo estadístico empleado es:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + B_j + PB_{ij} + E_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Observación, μ = media general, P_i = efecto de la procedencia, B_j = efecto del bloque, BP_{ij} = interacción bloque procedencia y E_{ij} = error.

2.6. RESULTADOS

El análisis de varianza, indicó que todas las variables estudiadas presentan diferencias significativas entre las procedencias ($P \leq 0.0001$). Estas diferencias indican que hay diferenciación genética importante entre las procedencias.

La contribución de las procedencias a la varianza total da valores relativamente altos de 52.9 a 85.3 % a la varianza total (Cuadro 2).

Cuadro 2. Componente de la varianza en porcentaje y significancia de procedencias.

VARIABLE	COMPONENTE DE LA VARIANZA				SIGNIFICANCIA DE PROCEDENCIAS	
	%				F	P
	Bloque	Procedencia	Interacción B * P	Error		
Número de cotiledones	0.0	85.3	2.7	11.9	2.15	0.0001
Longitud de cotiledones	0.0	23.4	0.0	76.6	1.87	0.0001
Índice de estado cespitoso tallo	0.1	43.6	4.7	48.7	3.24	0.0001
Índice de estado cespitoso acículas	0.0	47.8	1.9	50.3	4.06	0.0001
Índice de estado cespitoso total	0.0	52.9	2.5	43.9	4.24	0.0001
Altura (tres meses)	0.0	25.7	13.7	60.6	2.79	0.0001
Altura (ocho meses)	4.3	49.3	0.7	45.6	3.84	0.0001

Las medias por procedencia indican que existe un claro patrón altitudinal, en donde las procedencias de menor altitud presentan valores promedio más elevados que las procedencias de mayor altitud, para todas las variables evaluadas.

Plantas originadas en sitios con menor altitud tienen mayor número de cotiledones que plantas originadas a mayor altitud (Figura 3). De igual forma, la longitud de cotiledones es mayor en plantas originadas en procedencias de menor altitud que plantas originadas a mayor altitud (Figura 4).

Figura 3. Medias por procedencias del número de cotiledones.

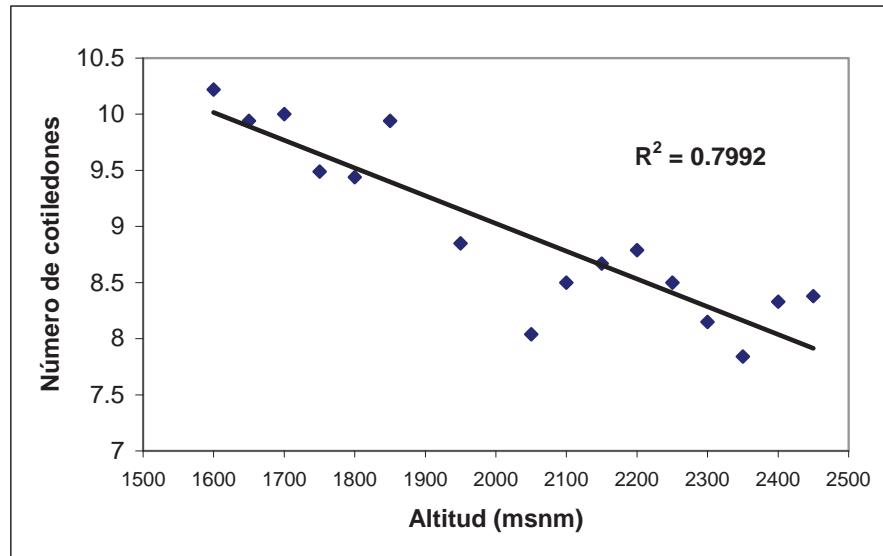
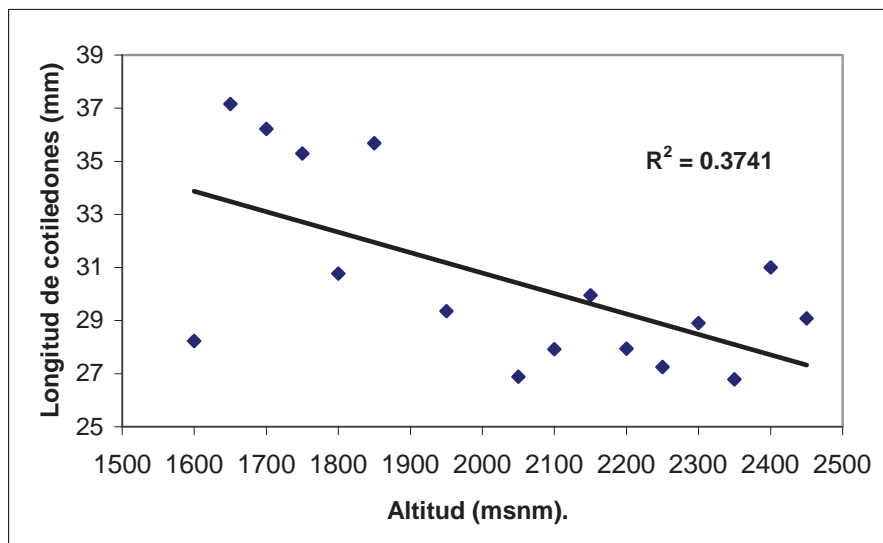
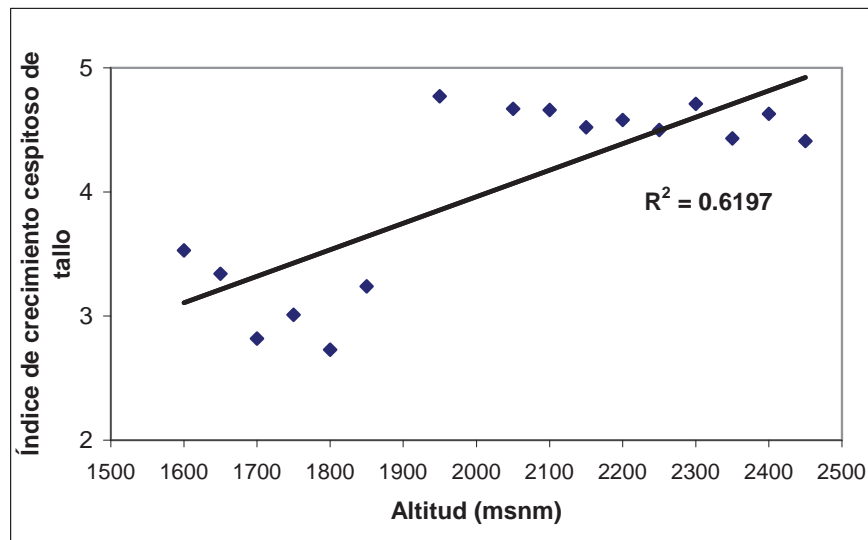


Figura 4. Medias por procedencias de la longitud de cotiledones.



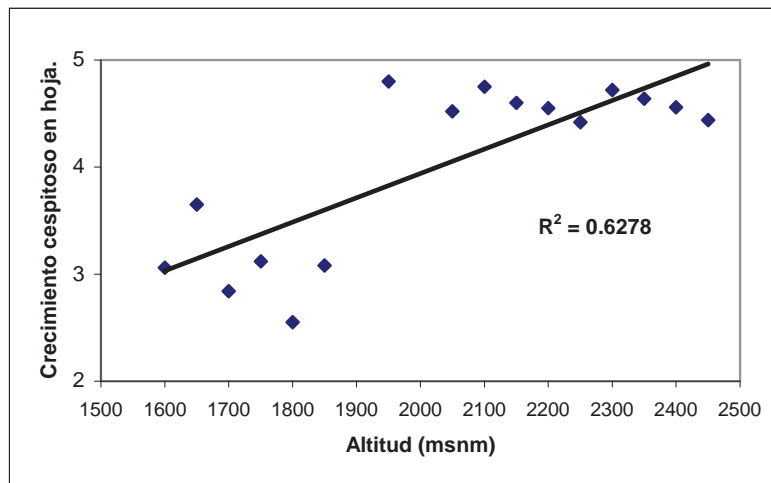
Plantas originadas en los sitios con un menor nivel altitudinal, tiene valores menores del índice de estado cespitoso para tallo; es decir, un estado cespitoso menos pronunciado (tallo más delgado y alto) que plantas originadas de lugares a mayor nivel altitudinal, las cuales presentan un estado cespitoso más pronunciado (valores promedio más elevados del índice, lo que implica tallos más cortos y robustos), (Figura 5). Sin embargo, para el índice de crecimiento cespitoso de tallo, el patrón no es precisamente clinal, ya que se pueden distinguir claramente dos grupos: las procedencias originadas de 1600 a 1850 msnm, que corresponden a la variedad *P. michoacana* var. *michoacana* (típico) de Martínez (1948), y las procedencias de 1950 a 2450 msnm, que corresponden a *P. michoacana* var. *cornuta* Mnez.

Figura 5. Medias por procedencia para índice de crecimiento cespitoso de tallo.



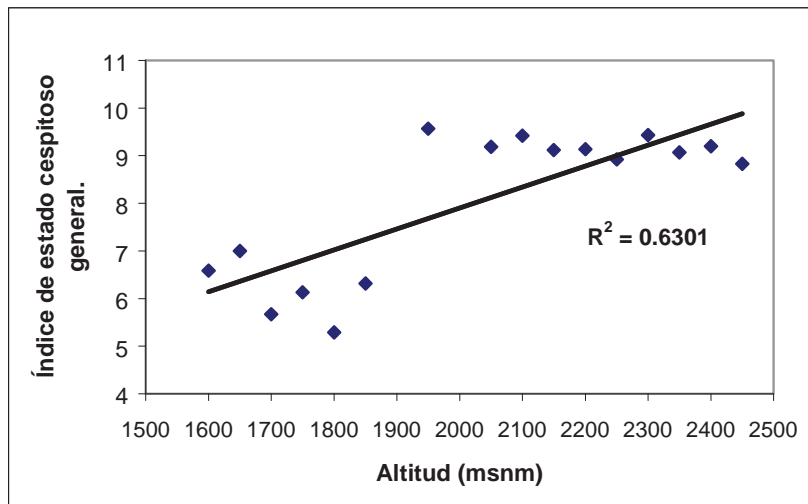
Un patrón muy similar se observa para el índice de estado cespitoso de hojas, que también presenta una clara diferenciación altitudinal en dos grupos: Plantas originadas en sitios a mayor altitud (1950 a 2450 msnm) tienen un estado cespitoso mas pronunciado, con valores más elevados del índice (acículas mas largas, robustas y de mayor número) que plantas originadas de los lugares con un nivel altitudinal mas bajo (1600 a 1850 msnm, Figura 6).

Figura 6. Medias por procedencia en crecimiento cespitoso de hojas.



El índice de estado cespitoso general (la suma del índice de tallo y de hoja), presenta con más claridad el mismo patrón altitudinal que los índices por separado de tallo y hojas. Plantas con un estado cespitoso pronunciado (tallo robusto con poca altura y un gran número de acículas, largas y robustas), provienen de un grupo de sitios a mayor altitud (1950 a 2450 msnm) que plantas que presentaron un estado cespitoso menos pronunciado (tallo delgado, con mayor altura y menor número de acículas, cortas y flexibles), que provienen de un grupo de lugares a menor altitud (1600 a 1850 msnm), (Figura 7).

Figura 7. Medias por procedencia del índice de estado cespitoso total.



Para altura de planta, se encuentra nuevamente un claro patrón altitudinal. Las plantas originadas de sitios de menor altitud presentaron una mayor altura de planta a los 3 meses (Figura 8) y a los ocho meses (Figura 9), que las plantas originadas en los sitios a mayor altitud.

Figura 8. Medias por procedencia de altura a los 3 meses.

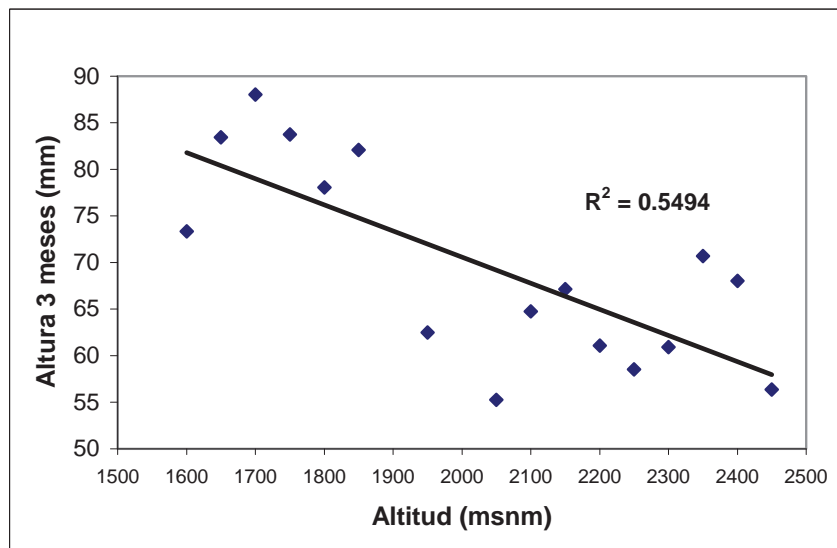
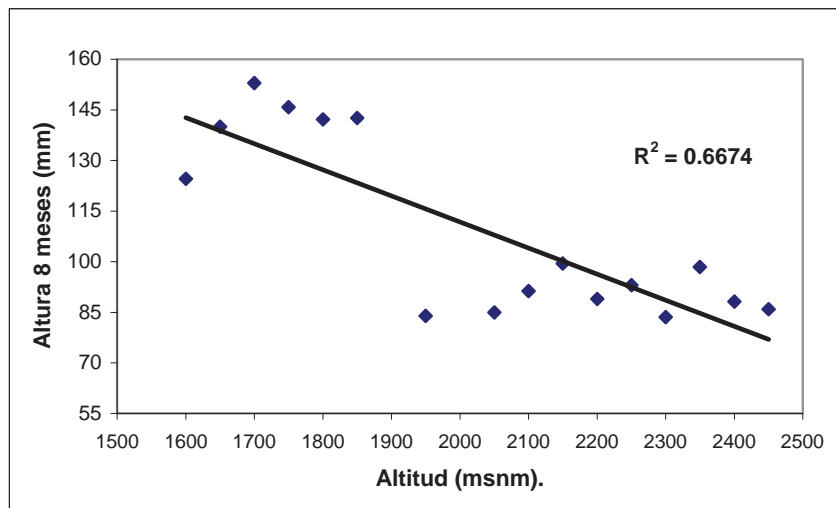


Figura 9. Medias por procedencia de altura a los 8 meses.



2.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las plántulas de *P. devoniana* en vivero presentaron un evidente patrón altitudinal, para todas las variables estudiadas. Las plantas originadas de poblaciones a menor altitud poseen mayor número y longitud de cotiledones, un estado cespitoso menos pronunciado, y mayor altura de planta, que plantas originadas de poblaciones a mayor altitud que presentan un menor número y longitud de cotiledones, un estado cespitoso más pronunciado y plantas de menor altura. Para el caso del índice de estado cespitoso, las poblaciones se separan claramente en dos grupos: las poblaciones a una altitud entre 1600 y 1850 msnm, que corresponden a la variedad típica y otro grupo de poblaciones entre 1950 y 2450 msnm, que corresponderían a la variedad *cornuta* en la clasificación de Martínez (1948). Patrones altitudinales se han registrado para poblaciones de coníferas como *Pinus ponderosa*, *P. contorta* y *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* (Rehfeldt, 1983 a y b, 1987 y 1991). El patrón consiste en una diferenciación genética de las poblaciones, como mecanismo de adaptación a los sitios en los que crecen.

La diferenciación de las poblaciones para el estado cespitoso en dos grupos claramente distinguibles (grupo de baja altitud, 1600 a 1850 msnm; grupo de elevada altitud, 1950 a 2450 msnm), apoya la separación de la especie, según la de la clasificación de Martínez (1948), en dos variedades: *tipica* (baja altitud) y *cornuta* (elevada altitud), que se podrían denominar *P. devoniana* var. *devoniana* y *P. devoniana* var. *cornuta*, respectivamente.

3. DURACIÓN DEL ESTADO CESPITOSO EN *Pinus devoniana* Lindley (*P. michoacana* Martínez)

3.1. RESUMEN

Con el fin de detectar el comportamiento del estado cespitoso presentado por *P. devoniana*, se colectó semilla de un transecto altitudinal (1600 a 2450 msnm) en el municipio de Morelia, Michoacán. Se estableció un ensayo de procedencias en vivero y uno en una cama elevada de crecimiento, con diseño de bloques completos al azar con 5 bloques, 16 procedencias y 6 individuos por parcela. Se realizaron dos mediciones de altura en vivero, cuando las plantas tenían tres y ocho meses de edad. Posteriormente, en la cama de crecimiento se realizaron mediciones de altura cada tres semanas y de forma semanal durante la temporada de elongación, hasta la edad de dos años.

Se encontró que el crecimiento previo al rompimiento del estado cespitoso no es nulo, sino muy lento, a razón de aproximadamente 10.9 cm por año. El crecimiento después del rompimiento del estado cespitoso fue muy acelerado, a razón aproximadamente de 106.15 cm por año durante un periodo de sólo cuatro meses (marzo – junio 2005).

Palabras clave: *Pinus devoniana*, crecimiento en vivero, estado cespitoso, procedencias.

3.2. SUMMARY

With the purpose of detecting the behavior of the grass stage presented by *P. devoniana*, seed of altitudinal transect (1600 to 2450 msnm) in municipal of Morelia, Michoacán was collected. One settled down a test of origins in breeding ground and one in an elevated bed of growth, with design of complete blocks at random with 5 blocks, 16 origins and 6 individuals by parcel. Two measurements of height were made in breeding ground, when the plants had three and eight months of age later, in the growth bed every three weeks were made measurements of height and weekly form during the season of elongation, until the age of two years. One was that the previous growth to the breaking of the grass stage is not null, but very slow, at the rate of approximately 10.9 cm per year. The growth after the breaking of the grass stage very was accelerated, at the rate of approximately of 106.15 cm per year during a period of only four months (March - June 2005).

Key words: *Pinus devoniana*, growth in breeding ground, grass stage, origins

3.3. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de nuestros recursos naturales es indispensable para lograr su mejor uso y conservación, y en particular de los pinos mexicanos, para realizar un mejor aprovechamiento de las diferentes especies. Para esto es importante conocer sus patrones y niveles de variación dentro de la especie (Martínez, 1948; Furnier, 1997; Madrigal y Guridi, 2002). Los componentes de crecimiento en altura influyen sobre la productividad al afectar la tasa de crecimiento en altura y la calidad de la madera y nudos en el tronco de árboles jóvenes. Los componentes del crecimiento en altura también son un resultado de la capacidad de adaptación de los individuos a condiciones ambientales específicas del sitio de plantación (Salazar *et al.*, 1999).

El crecimiento cespitoso es un estadio temporal de crecimiento, consistente en un incremento muy lento o nulo en altura de la planta, que se presenta en varias especies de pinos, como *Pinus engelmannii*, *P. palustris*, *P. montezumae*, *P. hartwegii* y el propio *P. devoniana* (Perry, 1991). El estado cespitoso aparentemente es una adaptación de protección contra los incendios (Perry, 1991; Rodríguez-Trejo y Fulé, 2003). Sin embargo, es un fenómeno poco estudiado para las especies mexicanas de pino, cuya duración es citada en la literatura de forma vaga y en un rango muy amplio, típicamente de dos a tres años.

El presente trabajo pretende contribuir a clarificar la duración y comportamiento del estado cespitoso en *P. devoniana* Lindleyi (*P. michoacana* Martínez), mediante un ensayo de procedencias en vivero y en una cama de crecimiento.

3.4. METODOLOGÍA

Se colectó semilla de 16 poblaciones de *Pinus devoniana* a lo largo de un transecto altitudinal, de San Miguel del Monte (19°35'52.10" L. N. 101°07'55.5" L. W, 2450 msnm) a Tumbisca (19°34'40.0" L. N. 101°03'55.2" L. W, 1600 msnm), en el municipio de Morelia, Michoacán. La coleta incluyó procedencias de las dos variedades putativas que se encuentran en la zona: *P. devoniana* var. *devoniana* (*P. michoacana* típico según Martínez, 1948).

El mes de junio del 2003 se estableció un ensayo de procedencias en vivero, en envases rígidos de 380 cm³ de Broadway plastics® de México con sustrato comercial (Creciroot®). A los ocho meses de edad, el ensayo fue transplantado a una cama elevada de crecimiento, la cual fue establecida con un marco de madera de 12 m de largo por 1.5 m de ancho y profundidad de 60 cm, donde se colocó una capa inferior de 20 cm de tezontle (roca volcánica. ígnea; extrusiva, para mejorar el drenaje) y una capa superior de 40 cm consistente en una mezcla 4:1 de suelo Andosol (*tupuri*) y sustrato comercial (Crecirrot®). El experimento tuvo un diseño de bloques completos al azar, con 16 procedencias, 5 bloques y 6 individuos por parcela.

Se realizaron dos mediciones de altura en el vivero, cuando la planta tenía tres meses de edad (septiembre del 2003) y ocho meses de edad (febrero del 2004), posteriormente se realizaron mediciones en la cama de crecimiento, con intervalos de tres semanas, desde febrero del 2004 (ocho meses de edad), hasta el mes de febrero del 2005. En marzo y abril del 2005, las mediciones se realizaron cada semana, ya que en ese periodo se da la mayor elongación de las yemas en los pinos. En junio del 2005 se continuaron las evaluaciones de altura cada 3 semanas. El final del ciclo de crecimiento acelerado que siguió al rompimiento del estado cespitoso se dio en junio del 2005, cuando las plántulas tenían dos años de edad.

Para las mediciones en la cama de crecimiento se utilizó una regla numerada hasta mm, la precisión de la medición se hizo también en mm. Para estandarizar las mediciones, se tomó como base para medir la altura de los individuos una barra de aluminio con 2 m de largo por 5 cm de ancho y un grosor de 1.5 cm, la cual se puso sobre los bordes del cajón y sobre ésta se colocó la regla. De esta forma, se disminuyó de manera importante la variación por la diferencia del nivel del sustrato, debido a que con los riegos el sustrato varía su nivel, y con el uso de la barra se puede tener un menor porcentaje de error. Se tomó como cero el nivel de la barra y la altura es la distancia de la barra a la punta de la yema apical.

En el presente trabajo se analiza únicamente la media general del experimento, es decir la media de todas las procedencias de ambas variedades para cada fecha de medición. Las diferencias en el crecimiento final entre procedencias se analizan en un capítulo aparte.

Se ajustó un modelo de regresión lineal para el periodo de crecimiento cespitoso (septiembre del 2003 a febrero del 2005), y otro para el periodo de rápido crecimiento (marzo a junio del 2005).

El modelo de regresión lineal utilizado es el siguiente:

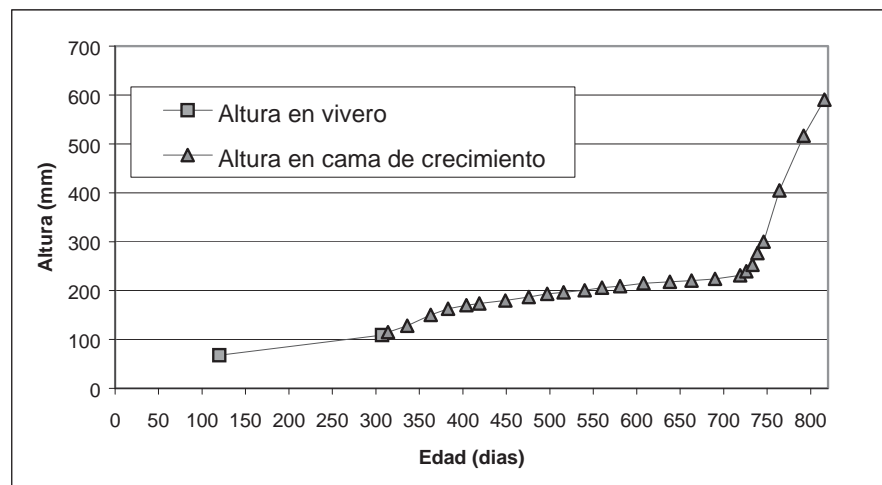
$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_i + E_{ij}$$

En donde Y_{ij} = altura promedio de las plantas, β_0 = interceptada β_1 = pendiente, X_i = edad en días de las plantas y E_{ij} = Error.

3.5. RESULTADOS

El rompimiento del estado cespitoso ocurrió a la edad de un año y nueve meses de edad (febrero del 2005). El incremento ocurrido en sólo cuatro meses (marzo – junio 2005), inmediatamente después al rompimiento del estado cespitoso, representó el 70% del crecimiento total en altura de los dos años (Fig. 10).

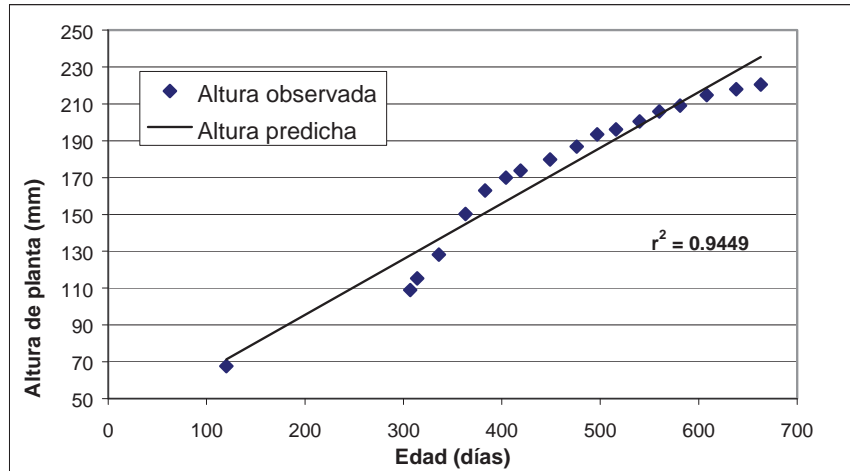
Figura 10. Incremento en altura de planta de *Pinus devoniana*.



El patrón de crecimiento previo al rompimiento del estado cespitoso no es nulo, sino muy lento, a razón de aproximadamente de 10.9 cm por año, y puede ser explicado mediante un modelo de regresión lineal ($r^2 = 0.944$, Figura 11); en donde: la altura de la planta (Y) a una edad determinada en días (X) se puede predecir mediante la formula:

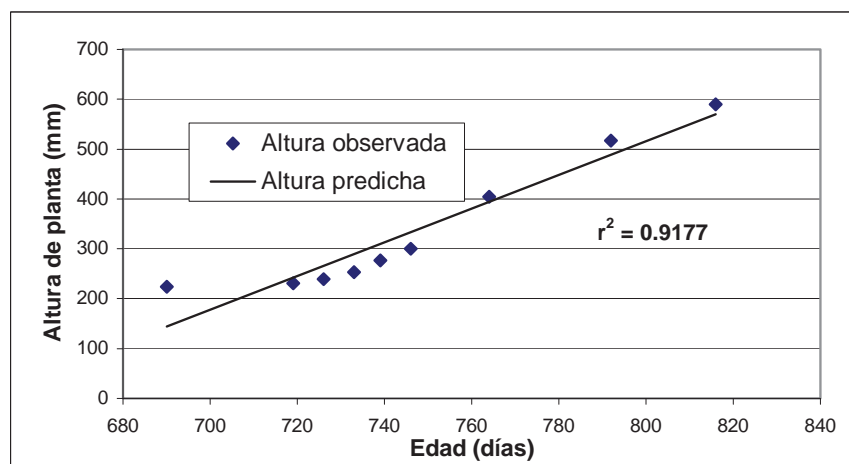
$$Y = 220 + 663 (X)$$

Figura 11. Regresión lineal para el incremento en altura, antes del rompimiento del estado cespitoso.



El crecimiento de las plantas de *Pinus devoniana* después del rompimiento del estado cespitoso (febrero del 2005) fue muy acelerado, a razón de aproximadamente de 106.15 cm por año, el cual se explica mediante un modelo de regresión lineal ($r^2 = 0.917$, Fig. 12); en donde: la altura de la planta (Y) se puede predecir a partir de la edad en días (X), solo para el periodo de crecimiento acelerado (marzo –junio del 2005), mediante la formula: $Y = 590 + 816 (X)$.

Figura 12. Regresión lineal para el incremento en altura, durante el periodo de rápido crecimiento (marzo-junio 2005).



3.6. APLICACIONES DE MANEJO

Para efectos de manejo, si se desea que el estado cespitoso se rompa cuando la planta ya se encuentra establecida en campo, lo cual ocurre en marzo, sería necesario germinar la semilla en vivero en agosto del año previo a la plantación, cuando la planta tenga al menos 10 meses de edad. El calendario de actividades podría ser como sigue:

Cuadro 3. Calendario de actividades para reforestar con *P. devoniana*

Año	Mes	Edad en meses	Manejo
0	Agosto	0	Germinación de semilla y transplante a envases de vivero
1	Junio	10	Plantación en campo
2	Marzo	19	Plantas rompen el estado cespitoso en campo

Lo anterior sería válido siempre y cuando el tamaño del envase no retrasara el rompimiento del estado cespitoso, ya que se ha demostrado que el tamaño del envase influye de manera directa con el comportamiento y sobrevivencia de la planta en el campo (Jasso et al. 1997).

Considerando que envases pequeños limitarían el desarrollo de la planta y por lo tanto retrasarían el rompimiento del estado cespitoso, se tienen que tomar en cuenta aspectos del envase de acuerdo a la especie que se esté manejando como es (Domínguez, 1997):

- ✓ Volumen mínimo para el desarrollo equilibrado de la planta.
- ✓ Adecuada densidad de cultivo (no. de plantas/m²) para limitar el fenómeno de competencia y favorecer la lignificación del fuste.
- ✓ Impedir o reducir, dentro del límite aceptable, las deformaciones radiales.
- ✓ Posibilidad de mecanización de las operaciones de producción (principalmente llenado y semillado).
- ✓ Mantenimiento adecuado de la humedad y aireación del sustrato.

- ✓ Resistencia a la manipulación y el transporte.
- ✓ Manejabilidad.
- ✓ Costo limitado.

El presente trabajo no permite determinar el tamaño de envase óptimo, ya que a partir de los 10 meses de edad, la planta ensayada creció en la cama de crecimiento, aparentemente sin limitaciones de espacio para la raíz. Sin embargo, si se considera que las condiciones de crecimiento de la planta en un sitio de campo con buenas condiciones de humedad y calidad de suelo, serían similares a las condiciones en las que creció la planta en la cama de crecimiento usada en este experimento, entonces para programas de reforestación se sugiere usar envases de al menos 380 cm³ de capacidad (Broadway Plastics[®] de México) y sustrato Creciroot[®], en la que permanezca la planta al menos 10 meses antes de plantar en campo. De esta manera sería razonable esperar que las plantas de *P. devoniana* rompieran el estado cespitoso en marzo del siguiente año a la plantación (Cuadro 3).

3.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Pinus devoniana rompió el estado cespitoso a la edad de un año y nueve meses. Previo al rompimiento del estado cespitoso, el incremento en altura fue lento y aproximadamente lineal, a razón de 10.9 cm por año, mientras que después del rompimiento del estado cespitoso, el crecimiento fue mucho mas acelerado, a razón de aproximadamente de 106.15 cm por año, durante un periodo de aproximadamente cuatro meses (marzo a junio).

En el periodo de rápido crecimiento en solo cuatro meses (marzo a junio del 2005), las plantas incrementaron su altura en 70 % del total de crecimiento acumulado en dos años de crecimiento.

4. VARIACIÓN GENÉTICA ALTITUDINAL ENTRE PROCEDENCIAS DE *Pinus devoniana* Lindl. (*P.michoacana* Martínez), EVALUADA EN UN ENSAYO DE CORTA DURACIÓN

4.1 RESUMEN

Se estableció un ensayo de 16 procedencias de *Pinus devoniana* Lindl. con un diseño de bloques completos al azar, con semilla proveniente de un transecto altitudinal (1600 - 2450 msnm), ubicado entre las localidades de San Miguel del Monte y Tumbisca, Municipio de Morelia, Michoacán. Se determinó la altura de las plantas a la edad de dos años, con la finalidad de determinar la variación genética entre procedencias. Se encontraron diferencias significativas entre procedencias ($P = 0.01$). En la prueba múltiple de medias se observó un patrón de crecimiento con un gradiente altitudinal, con lo que parece ser el agrupamiento de poblaciones en dos zonas altitudinales que se relacionan con la existencia de las dos variedades dentro de *P. devoniana*, sugeridas por Martínez: *tipico* y *cornuta*.

Palabras clave: *Pinus devoniana*, variedades *tipico* y *cornuta*, procedencia, variación genética, altura de planta.

4.2. SUMMARY

A test of 16 origins of *Pinus devoniana* Lindl. with a design of complete blocks settled down at random, with originating seed of altitudinal transect (1600 - 2450 msnm), located between the localities of San Miguel of Monte and Tumbisca, Municipality of Morelia, Michoacán. I determine the height of the plants at the age of two years, with the purpose of determining the genetic variation between origins. Were significant differences between origins ($P = 0.01$). In the multiple test of averages a pattern of growth with an altitudinal gradient was observed, with which it seems to be the group of populations in two altitudinal zones that are related to the existence of the two varieties within *P. devoniana*, suggested by Martinez: *tipico* and *cornuta*.

Key words: *Pinus devoniana*, varieties *tipico* and *cornuta*, origin, genetic variation, height of plant.

4.3. INTRODUCCIÓN

Para conocer la magnitud de la variación genética entre procedencias, es necesario el establecimiento de ensayos de procedencias, ya que de esta manera se pueden observar en que medida las diferencias fenotípicas entre procedencias, son debidas a efectos ambientales o efectos genéticos (Zobel y Talbert, 1992). Con esta información, es posible realizar el mejoramiento genético, ya que permite seleccionar las mejores fuentes de semilla para realizar plantaciones forestales en sitios específicos.

Los ensayos de especies, procedencias y progenies constituyen el fundamento de cualquier programa serio de plantaciones, sobre todo en la actualidad, ya que la demanda de productos forestales se ha incrementado notablemente (Plancarte, 1990).

Para decidir el movimiento de semilla y plántulas entre el sitio en que se colecta la semilla y los lugares que se van a reforestar, es indispensable contar con lineamientos que permitan acoplar adecuadamente los genotipos a los ambientes y con ello, disminuir el riesgo de mala adaptación de las plantas a los sitios de reforestación, por lo que se requiere es delimitar zonas productoras de semilla, que presenten condiciones ecológicas uniformes. Esto presupone que existe una correlación entre la uniformidad ambiental de una zona de producción de semillas, y cierto grado de uniformidad genética dentro de esa zona (Sáenz, 2004).

La uniformidad genética se refiere a la ausencia de diferencias genéticas entre rodales, dentro de una misma zona de producción de semilla, lo cual es demostrable solo si se cuenta con resultados de ensayos de procedencias, ya que estos permiten conocer el patrón de diferenciación genética entre poblaciones (Sáenz, 2004).

En algunos casos, es recomendable establecer zonas altitudinales con criterios para decidir el movimiento de semillas, lo cual es necesario, ya que hay estudios que muestran que hay diferenciación genética en caracteres de crecimiento como la altura y elongación de la yema entre poblaciones, estrechamente relacionada con la altitud, geografía y clima del origen de la semilla (Rehfeldt, 1983 a, 1983 b, 1987, 1989, 1991).

En este trabajo se pretende establecer a través de un ensayo de corta duración, si existen diferencias significativas en crecimiento, entre procedencias colectadas en un gradiente altitudinal, en el municipio de Morelia con la finalidad de determinar si es necesario hacer una zonificación altitudinal.

4.4. METODOLOGÍA

4.5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.5.1. Localización del transecto.

Se colectó semilla de un transecto altitudinal que se ubica entre la Peña de San Pedro (San Miguel del Monte 2450 msnm) y la población de Tumbisca (1600 msnm), ambas en el Municipio de Morelia, Michoacán (Cuadro 3).

Cuadro 4. Ubicacion de los sitios de colecta de *Pinus devoniana*.

SITIO	ALTITUD (msnm)	LOCALIDAD	PARAJE	COORDENADAS GEOGRAFICAS	
				Latitud	Longitud
1	2450	SMM	Peña de San Pedro	19°35'52.10"	101°07'55.5"
2	2400	SMM	Peñas de San Pedro	19°35'55.70"	101°07'52.10"
3	2350	SMM	La Lobera	19°35'50.40"	101°07'41.60"
4	2300	SMM	La Virgencita	19°35'29.00"	101°07'18.70"
5	2250	CTSMM	Banco de balastre	19°34'57.40"	101°07'17.80"
6	2200	CTSMM	Banco de balastre	19°35'04.70"	101°07'03.90"
7	2150	CTSMM	Loma del Patio	19°35'17.30"	101°06'48.10"
8	2100	CTSMM	Loma del Patio	19°35'30.30"	101°06'42.70"
9	2050	CTSMM	La Cruz	19°35'34.80"	101°06'38.10"
10	2000	CTSMM	La Cruz	19°35'29.60"	101°06'30.60"
11	1950	CTSMM	El Aserradero	19°35'12.30"	101°06'17.70"
12	1900	T	El Cuilito	19°35'00.70"	101°05'38.80"
13	1850	T	El Cuilito	19°35'00.90"	101°05'26.80"
14	1800	T	El Puertecito	19°35'05.90"	101°05'02.60"
15	1750	T	Cerrito Márquez	19°35'05.70"	101°04'48.20"
16	1700	T	El Reparó	19°34'48.30"	101°04'24.30"
17	1650	T	El Tularcillo	19°34'58.70"	101°04'06.20"
18	1600	T	El Tularcillo, Tumbisca	19°34'40.0"	101°03'55.2"

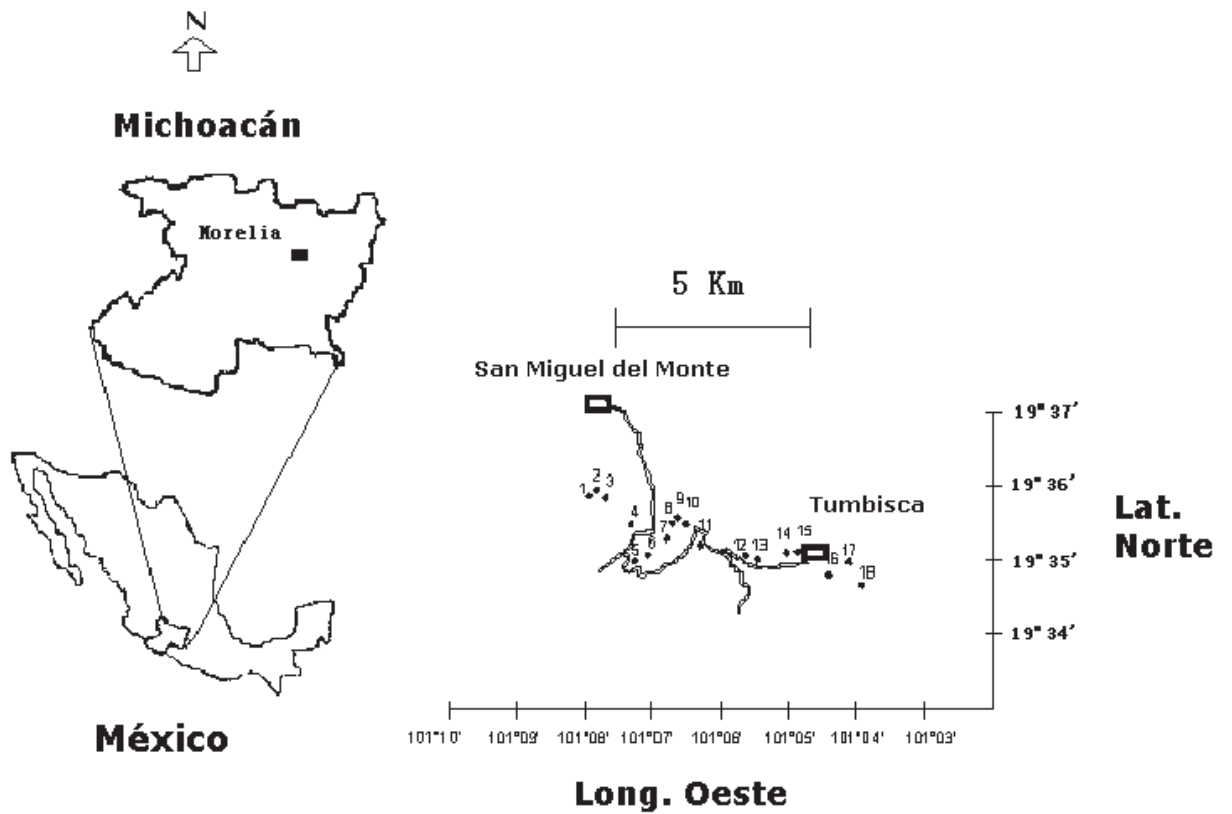
SMM = San Miguel del Monte, CTSMM = Camino Tumbisca - San Miguel del Monte, T = Tumbisca.

NOTA: No se incluyeron en el experimento, individuos de las procedencias 10 y 12, por el insuficiente número de árboles de la especie en dichos sitios.

Se colectaron semillas y muestras botánicas de *Pinus devoniana* en cada sitio, con una diferencia altitudinal de 50 m. Se seleccionaron al azar entre 5 y 10 árboles de *Pinus devoniana*, sólo tomando en cuenta que tuvieran conos maduros. De cada individuo se colectaron ramillas y conos.

4.5.2. Mapa de localización del transecto.

Figura 13. Localización del transecto de colecta San Miguel del Monte – Tumbisca, Mpio de Morelia Mich.



4.5.3. Localización del experimento.

El ensayo de procedencias de *Pinus devoniana* se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA), perteneciente a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia Michoacán. El INIRENA se encuentra en las afueras de la ciudad de Morelia. En el municipio se tiene una altitud de 1,951 metros sobre el nivel del mar, con clima del subtipo templado de humedad media, con régimen de lluvias en verano de 700 a 1000 milímetros de precipitación anual. Temperatura media anual de 16° centígrados (CIDEM, 2001).

Se estableció el ensayo de procedencias / progenies en vivero, en envases rígidos de 350 cm³, con sustrato comercial (Creciroot[®]), con una malla sombra del 35%. Se evaluaron número de cotiledones a los 15 días y longitud de cotiledones a los cinco meses, índices de crecimiento cespitoso a los cuatro meses y altura de planta a los tres y ocho meses de edad. El trasplante de los individuos del vivero a la cama de crecimiento se llevó a cabo en el mes de Febrero del 2004, cuando las plantas tenían ocho meses de edad.

Posteriormente se estableció un ensayo de procedencias en una cama elevada de crecimiento, con un diseño de bloques completos al azar, con 16 procedencias, 5 bloques y 6 individuos por parcela, con un espaciamiento de 15 cm entre ellos. Cada procedencia incluyó individuos de aproximadamente 5 familias de medios hermanos en promedio por procedencia. La cama elevada de crecimiento fue establecida con madera de 12 m de largo por 1.5 m de ancho y una profundidad de 60 cm, de los cuales se colocó una capa inferior de 20 cm de tezontle y una capa superior de 40 cm conteniendo una mezcla de 4:1 de tierra Andosol (*tupuri*) y sustrato comercial (Crecirot[®]).

Se determino la altura de las plantas en el mes de Junio del 2005, cuando las plantas tenían dos años de edad. Se determino mediante el análisis de varianza y una prueba múltiple de medias, si existen diferencias significativas entre las poblaciones. Se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS 1988), utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$\text{Modelo: } Y_{ij} = \mu + P_i + B_j + PB_{ij} + E_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Observación, μ = media general, P_i = efecto de la procedencia, B_j = efecto del bloque, PB_{ij} = interacción bloque procedencia, y E_{ij} = error.

Se determinó si existe un patrón de variación altitudinal, mediante un análisis de regresión de la altura a los dos años contra la altitud de las procedencias.

4.6. RESULTADOS

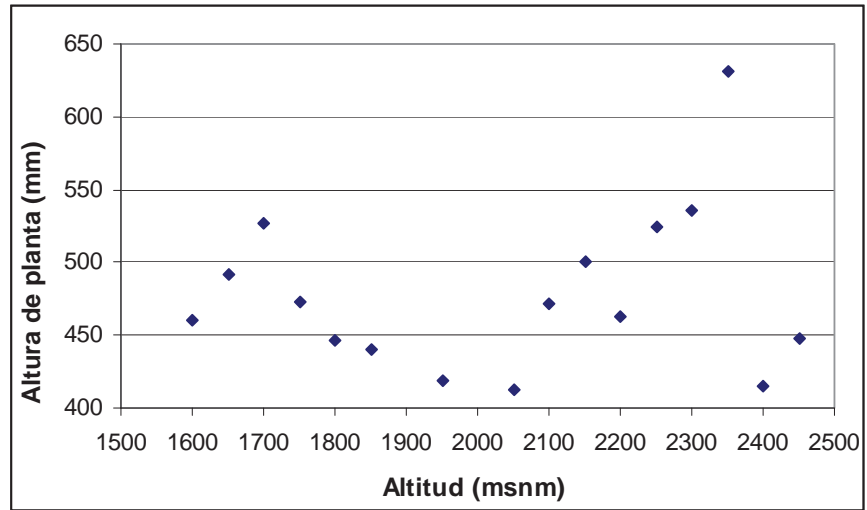
En el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre procedencias para las alturas de planta a los dos años de edad ($P = 0.0158$). Este resultado indica que *P. devoniana* presenta diferenciación genética entre poblaciones, para caracteres de crecimiento.

Cuadro 5. Análisis de varianza para altura (dos años).

VARIABLE	SC	CM	F	P
BLOQUE	64826	16206	0.4	0.828
PROCEDENCIA	1293576	86238	2.0	0.016
BLO * PRO	2570077	45089	1.0	0.411
ERROR	15489940	43511		

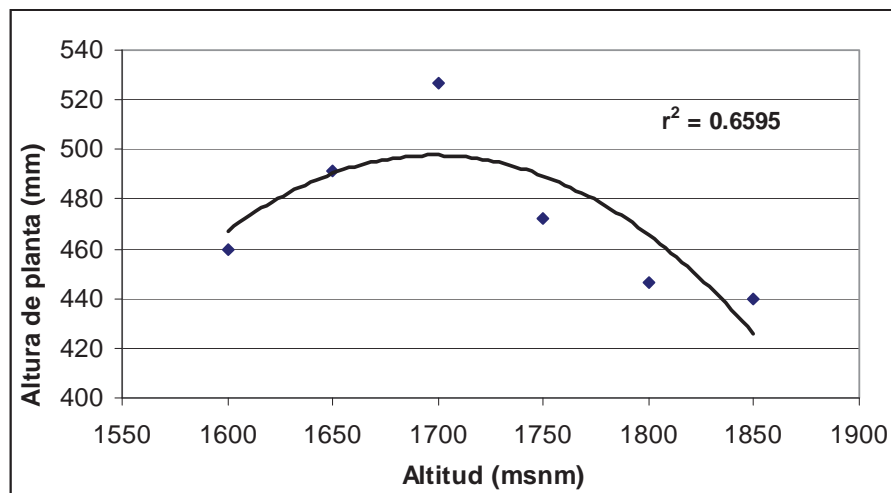
En la gráfica de medias por procedencia, se puede observar una distribución bimodal, en la que parece haber un agrupamiento en dos grupos de poblaciones aparentemente relacionados y diferenciales (Figura 14), en donde hay dos grupos de poblaciones que tiene medias de crecimiento con una distribución aproximadamente normal, el primero se ubica entre 1600 m y 1859 m de altitud, y el otro se distribuye entre 1950 y 2450 m de altitud. Este patrón coincide plenamente con lo encontrado en un estudio realizado por Aguilar (2004), en el que se determinó que existe un patrón altitudinal para caracteres morfológicos y una separación en lo que parecen ser dos variedades: típico y *cornuta* tal como lo propuso Martínez (1948). La variedad típica, *P. devoniana* var. *devoniana* se distribuye de 1600 a 1800 msnm y *P. devoniana* var. *cornuta* se distribuye de 1850 a 2450 msnm (Aguilar, 2004).

Figura 14. Medias de la altura de la planta a los dos años contra la altitud de las procedencias.



Por lo anterior, se realizó una regresión por separado para cada una de las zonas (1600 a 1850 m y 1950 a 2450 msnm), de altura promedio de planta contra altitud de la procedencia.

Figura 15. Regresión cuadrática de medias de alturas a los dos años, contra altitud para *P. devoniana* var. *devoniana* (1600 a 1850 m).



La zona de baja altitud (1600 a 1850 m) se ajusta a una regresión cuadrática ($r^2= 0.6595$) en la cual se observa que en *P. devoniana* var. *devoniana* (Figura 15), tiene los mejores crecimientos en las procedencias entre 1650 y 1750 m de altitud, que son los sitios ubicados a una altitud intermedia de esta variedad, mientras que el menor crecimiento se da en poblaciones de los extremos altitudinales (inferior a 1600 m y superior a 1800 – 1850 m de altitud) .

Para *P. devoniana* var. *cornuta*, se ajustó una regresión lineal ($r^2=0.1189$) y una regresión cuadrática ($r^2 = 0.3395$), se observa que hay un patrón altitudinal en el que las plantas provenientes de zonas bajas crecen menos que las plantas provenientes de zonas con mayor altitud, excepto las provenientes de los dos sitios con mayor altitud (2400 y 2450 msnm), las cuales presentan menor altura (Figura 16). Si se elimina el sitio de 2350 msnm se observa que el valor de la regresión mejora (Figura 18), ya que este sitio presenta una media que no es representativa de la tendencia general de los otros sitios.

Figura 16. Regresión lineal de medias de altura a los dos años contra la altitud de la procedencia, para *P. devoniana* var. *cornuta*.

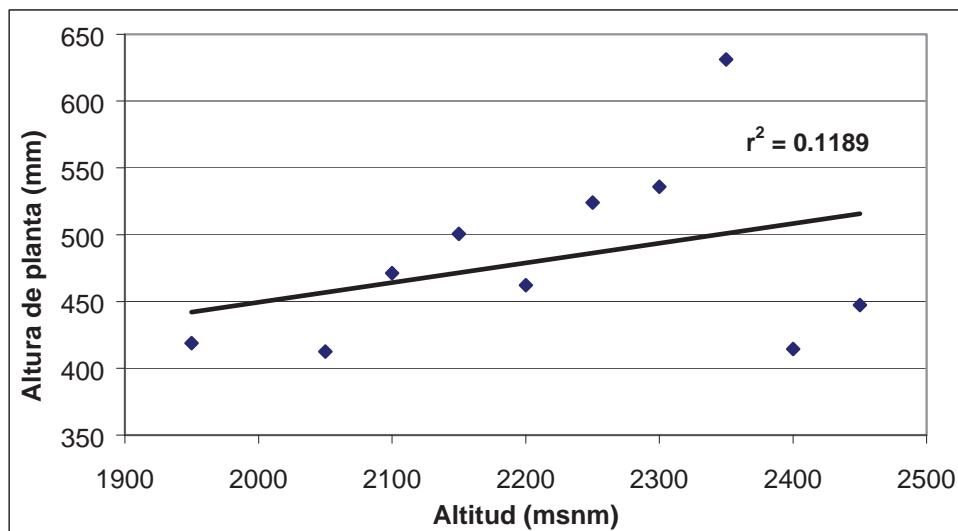


Figura 17. Regresión cuadrática de medias de altura a los dos años contra la altitud de la procedencia, para *P. devoniana* var. *cornuta*. Incluye las medias de todas las procedencias de *P. devoniana*.

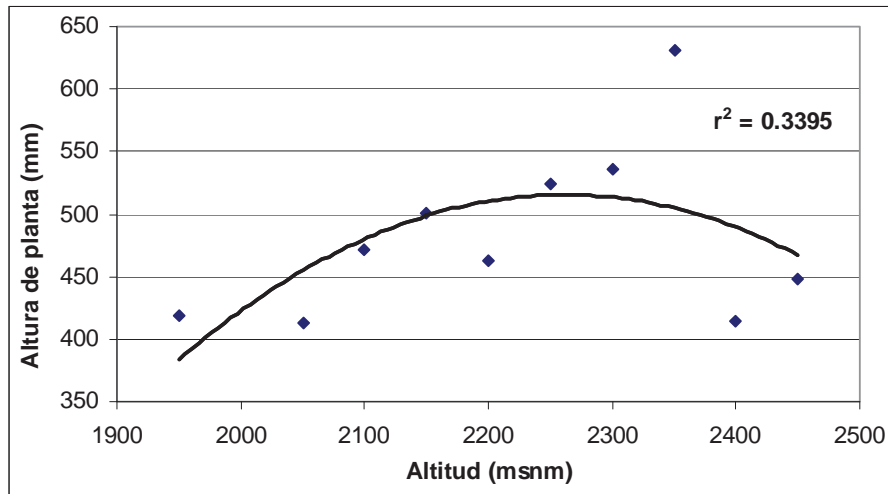
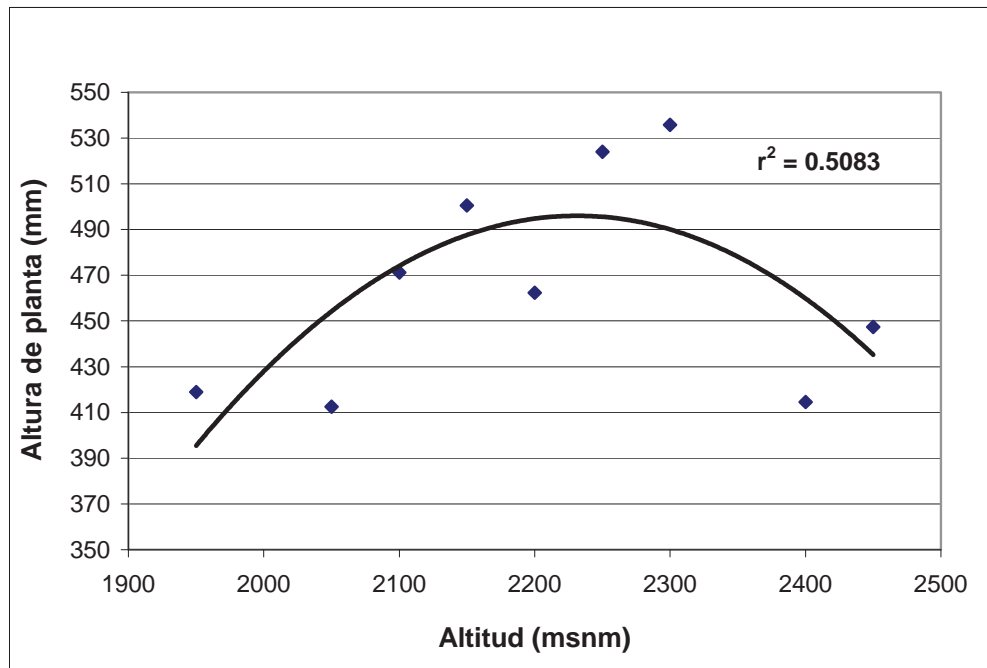


Figura 18. Regresión cuadrática de medias de altura a los dos años contra la altitud de la procedencia, para *P. devoniana* var. *cornuta*, sin la media del sitio a 2350 msnm.



Si se observan los resultados de altura del capítulo uno, donde las plantas en vivero originadas de sitios de menor altitud presentaron una mayor altura a los 8 meses, que las plantas originadas de los sitios con mayor altitud, se observa que es diferente la tendencia en el crecimiento a los dos años de edad (Figura 14), cuando ya se rompió el estado cespitoso, ya que las dos variedades tienen una tendencia similar en su crecimiento, excepto por que la población de *P. devoniana* var. *cornuta* de 2350 m de altitud, tiene un crecimiento superior al de el resto de las poblaciones.

El patrón de crecimiento diferencial entre procedencias, ha sido mencionado previamente para ensayos de procedencias de coníferas en transectos altitudinales (Rehfeldt, 1983a.1983b; 1987). Se ha demostrado que algunas especies de pinos han reaccionado a diferentes condiciones ambientales desarrollando diferentes caracteres en diferentes sitios mediante el proceso de selección natural. Esto demuestra que hay poblaciones con un potencial de crecimiento diferencial, dependiendo de su origen altitudinal, y hay poblaciones que crecen más rápido en unas áreas que en otras, algunas poblaciones son más resistentes a enfermedades o más tolerantes al frío que otras poblaciones de la misma especie (Schmidtling, 2004).

4.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se encontraron diferencias significativas entre procedencias para las alturas de planta a los dos años de edad ($P = 0.01$). Se puede observar que parece haber dos zonas altitudinales diferenciales, que parecen corresponder a dos variedades, tal como lo propuso Martínez (1948): *Pinus devoniana* var. *devoniana* (*P. michocana* var. típico Martínez, 1948), en un intervalo altitudinal de 1600 a 1850 msnm y *P. devoniana* var. *cornuta* (*P. michocana* var. *cornuta* según Martínez, 1948), en un intervalo de 1950 a 2450 msnm.

La distribución de medias por población de ambas variedades se ajustan a una regresión cuadrática con formulas diferentes para cada variedad. Para *P. devoniana* var. *devoniana*, el mejor crecimiento se dio en las procedencias originadas entre los sitios a 1650 y 1750 msnm. Para *P. devoniana* var. *cornuta*, el mejor crecimiento se observa en el que las plantas provenientes del intervalo altitudinal entre 2250 y 2350 m. Para ambas variedades, el menor crecimiento se da en las poblaciones que se distribuyen en los extremos altitudinales de los respectivos rangos altitudinales de cada variedad.

Se recomienda establecer al menos dos zonas de producción y colecta de semillas, que correspondan a las dos variedades: La "Zona I", que correspondería a *P. devoniana* var. *devoniana*, entre 1600 y 1900 msnm, y la "Zona II", que correspondería a *P. devoniana* var. *cornuta*, entre 1900 y 2450 m de altitud. Para la Zona I se sugiere colectar semilla entre 1650 y 1750 msnm y para la Zona II semilla entre 2250 y 2350 m de altitud, por ser las poblaciones de mayor potencial de crecimiento.

La primera Zona se ubica en las cercanías de la localidad de Tumbisca, la segunda zona se ubica en las cercanías de la localidad de San Miguel del Monte.

5. DISCUSION GENERAL

Para el análisis acerca de la variación genética altitudinal en un ensayo de vivero, se encontraron diferencias significativas entre procedencias ($P = 0.0001$) para todos los caracteres evaluados: número y longitud de cotiledones, índice de crecimiento cespitoso y alturas a las edades de tres y ocho meses, estas diferencias indican que hay diferenciación genética importante entre las procedencias. Las medias por procedencia encontradas indican que existe un claro patrón altitudinal, en donde las procedencias de menor altitud presentan valores promedio más elevados que las procedencias de mayor altitud, para todas las variables evaluadas. Plantas originadas en sitios con menor altitud tienen mayor número de cotiledones que plantas originadas a mayor altitud. De igual forma, la longitud de cotiledones es mayor en plantas originadas en procedencias de menor altitud que plantas originadas a mayor altitud. La contribución de las procedencias a la varianza total da valores relativamente altos, de 52.9 a 85.3 % a la varianza total. El análisis de regresión, indica que hay un patrón altitudinal para todos los caracteres evaluados y donde las procedencias de la parte baja (1600 a 1900 msnm, *P. devoniana* var. *devoniana*, equivalente a *P. michoacana tipico sensu* Martínez, 1948), crecen más que las procedencias originadas en la parte alta de la distribución (2000 a 2450 msnm, *P. devoniana* var. *cornuta*, equivalente a *P. michoacana* var. *cornuta sensu* Martínez, 1948).

En cuanto a la duración del estado cespitoso se encontró que el crecimiento previo al rompimiento del estado cespitoso no es nulo, sino muy lento, a razón de aproximadamente 10.9 cm por año. El crecimiento después del rompimiento del estado cespitoso fue muy acelerado, a razón aproximadamente de 106.15 cm por año durante un periodo de sólo cuatro meses (marzo – junio 2005), lo anterior permite proponer para efectos de manejo que, si se desea que el estado cespitoso se rompa cuando la planta ya se encuentra establecida en campo, lo cual ocurre en marzo, sería necesario germinar la semilla en vivero en agosto del año previo a la

plantación, para que cuando la planta se plante en el campo, tenga al menos 10 meses de edad.

Para el análisis de la variación genética altitudinal entre procedencias en la cama de crecimiento, se encontraron diferencias significativas entre procedencias ($P = 0.01$). Se observó un patrón de crecimiento con un gradiente altitudinal, con lo que parece ser el agrupamiento de dos grupos de poblaciones en dos zonas altitudinales que se relacionan con la existencia de las dos variedades dentro de *P. devoniana*, sugeridas por Martínez (1948): *tipico* y *cornuta*. Las poblaciones tienen medias de crecimiento con una distribución aproximadamente normal (que se pueden explicar con un modelo cuadrático de regresión, la primera zona se ubica entre 1600 m y 1850 m de altitud, y la segunda se distribuye entre 1950 y 2450 m de altitud. Basándose en los resultados anteriores se recomienda establecer al menos dos zonas de producción y colecta de semillas, que correspondan a las dos variedades: La "Zona I", que correspondería a *P. devoniana* var. *devoniana*, entre 1600 y 1900 msnm, y la "Zona II", que correspondería a *P. devoniana* var. *cornuta*, entre 1900 y 2450 m de altitud. Para la Zona I se sugiere colectar semilla entre 1650 y 1750 msnm y para la Zona II semilla entre 2250 y 2350 m de altitud, por ser las poblaciones de mayor potencial de crecimiento.

El patrón mencionado coincide plenamente con lo encontrado en un estudio realizado por Aguilar (2004), y Sáenz (2006), en el que se determinó que existe un patrón altitudinal para caracteres morfológicos y una separación en lo que parecen ser dos variedades: *tipico* y *cornuta* tal como lo propuso Martínez (1948). La variedad *tipico*, *P. devoniana* var. *devoniana* se distribuye de 1600 a 1800 msnm y *P. devoniana* var. *cornuta* se distribuye de 1850 a 2450 msnm (Aguilar, 2004; Sáenz, 2006).

6. LITERATURA CITADA

- AGUILAR, S. 2004. Variación morfológica entre poblaciones de *Pinus michoacana* y *P. michoacana* var. *cornuta*, a lo largo del transecto altitudinal Tumbisca - San Miguel del Monte, Municipio de Morelia, Michoacán. Tesis de licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Mich. México. 72 pp.
- (CIDEM). CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DEL ESTADO DE MICHOACÁN 2001. Municipio en cifras. INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). Disco Compacto.
- (COFOM) COMISIÓN FORESTAL DEL ESTADO DE MICHOACÁN, 2001. Atlas Forestal del Estado de Michoacán. Morelia, Michoacán. México. 97 pp.
- DOMÍNGUEZ L. S., 1997. La importancia del envase en la producción de plantas forestales. Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo". Ministerio de Medio Ambiente. Guadalajara, España. Quercus 134: 34-37.
- FARJON, A. and B. T. STYLES. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropical. Monograph 75. New York, New York Botanical Garden. 291 pp.
- FURNIER, R.G. 1997. Métodos para medir variación genética en las plantas. In: Vargas H., J. B. Bermejo V. y F. T. Ledig (Eds.). Manejo de Recursos Genéticos Forestales. Colegio de Posgraduados. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 23-36.

- GOMEZ-TAGLE R., A.; VILLASEÑOR F. J.; CHAVEZ H. Y. 1992. Los Recursos Forestales de Michoacán. Memoria I. Los recursos vegetales de Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México. p,p. 65-74
- HERNÁNDEZ M. E., P. MORALES L., O. DELGADO DE J., E. H. CORNEJO O. Y S. VALENCIA MANZO.1999.Predicción de volúmenes de fuste para *Pinus michoacana* Mart. y *Pinus douglasiana* Mart. en el sureste de Nayarit. Foresta A/C, Nota técnica <http://www.uaaan.mx/public/forestan/nota4.htm> Saltillo, Coahuila.
- JASSO M. J., JIMÉNEZ C. M., MARTINEZ H. I.E. 1997. Evaluación de dos especies del género *Pinus* en una plantación. Memorias. III Congreso Mexicano Sobre los Recursos Forestales. Linares, N.L. México. pp.26-29.
- LANNER M. R. 1986. Patrones del desarrollo de brotes en *Pinus* y su relación con el crecimiento potencial. Serie de Apoyo Académico No. 19. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- LEDIG, F.T. 1997.Conservación y manejo de recursos genéticos forestales. In: Vargas H., J., B. Bermejo V. y F. T. Ledig (Eds.). Manejo de Recursos Genéticos Forestales. Colegio de Posgraduados. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp.1-21
- McVAUGH, R. 1992. Flora Novo-Galiciana. A Descriptive Account of the Vascular Plants of Western Mexico. Volumen 17. Gymnosperms and Pteridophytes. The University of Michigan Herbarium. Ann Arbor. pp. 50-54.

- MADRIGAL SÁNCHEZ, X. 1992. Los bosques michoacanos: Su conocimiento y conservación. Memoria, I. Los recursos vegetales de Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México. pp. 65-74.
- MADRIGAL SÁNCHEZ, X. y L. I. GURIDI GÓMEZ. 2002. Los árboles silvestres del Municipio de Morelia, Michoacán. México. Ciencia Nicolaita 33(2):29-58.
- MASERA, O. 1996. Deforestación y degradación forestal en México. Documento de Trabajo #19. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable, A. C. Pátzcuaro, Mich. México. 12 pp.
- MASERA, O., D. Masera, and J. Navia. 1999. Conservación y restauración forestales: retos y oportunidades a partir de un estudio sistémico de la demanda de productos forestales. Pages 289–303 in J. Hoth, L. Merino, K. Oberhausen, I. Pisanty, S. Price, and T. Wilkinson, editors. *Paper presentations: 1997 North American Conference on the monarch butterfly*. The Commission for Environmental Cooperation, Montreal.
- MARTINEZ, M. 1948. Los Pinos Mexicanos. Editorial Botas. 2^a Edición. México. 362 pp.
- MUSÁLEM, M. y O. SÁNCHEZ. 2002. Monografía de *Pinus michoacana* Martínez. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro. Campo Experimental del Valle de México. El Horno, Chapingo. México. 272 pp.

- PERRY, P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. 231 pp.
- PLANCARTE B. A. 1990. Manual para el establecimiento y evaluación de ensayos de especies y procedencias. Boletín Técnico No. 4. Centro de Genética Forestal A.C. Chapingo. México. 36 p.
- REHFELDT, G. E. 1983 a. Seed transfer guidelines for Douglas-fir in Western Montana. Research Note INT-329. United States Department of Agriculture. Forest Service. Intermountain Forest and Range Experiment Station. Ogden, UT 84401. 4 pp.
- REHFELDT, G. E. 1983 b. Seed transfer guideline for Douglas-fir in central Idaho. United States Department of Agriculture. Forest Service. Intermountain Forest and Range Experiment Station. Ogden, UT 84401. 3 pp.
- REHFELDT, G. E. 1987. Ecological genetics of *Pinus contorta* from the Rocky Mountains (USA): A synthesis. *Silvae Genetica* 37(3-4): 131-135.
- REHFELDT, G. E. 1989. Ecological adaptations in Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*): A synthesis. Elsevier Science Publisher. B. V. *Forest Ecology and Management* 28: 203-215.
- REHFELDT, G. E. 1991. A model of genetic variation for *Pinus ponderosa* in the inland North-west (USA): Applications in gene resource management. *Canadian Journal Forest Research* 21: 1491-1500.

- RODRÍGUEZ L. R., VARGAS H. J., CETINA A. V., RAMÍREZ H. C., ESCALANTE E. J. 2002. Variación en el patrón de alargamiento del brote terminal en diferentes procedencias de *Pinus engelmannii* Carr. Ciencia Forestal en México. (25) 87: 77-103.
- RODRÍGUEZ-TREJO D. A. y FULÉ Z. P. 2003. Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. International Journal of Wildland Fire. 12, 23-37.
- SÁENZ R, C. 2004. Zonificación estatal y altitudinal para la colecta y movimiento de semillas de coníferas en México. In: Vargas-Hernández, J.J. (Ed.) Manejo de Recursos Genéticos Forestales. México. CONAFOR Comisión Forestal de América del Norte. pp. 72-87.
- SÁENZ R, C. y R. LINDIG. 2004. Evaluación y propuestas para el programa de reforestación en Michoacán, México. Ciencia Nicolaita. 37: 107-122.
- SÁENZ R. C., AGUILAR A. S., SILVA F. M., MADRIGAL S. X. and LARA C. S. 2006. Morphological and nursery traits variation among *Pinus devoniana* Lindl. (*P. michoacana* Martínez) populations and putative variety *cornuta*. (Manuscrito en preparación).
- SALAZAR G. J., VARGAS H. J., JASSO M. J., MOLINA G. J., RAMÍREZ H. C. y LÓPEZ U. J., 1999. Variación en el patrón de crecimiento en altura de cuatro especies de *Pinus* en edades tempranas. Madera y Bosques 5 (2): 19-34.

- SAS INSTITUT INC. 1988. SAS/ STAT Guide for personal computers. Version 6.03. Raleigh, North Carolina, USA. 1028 pp.
- SCHMIDTLING. C. R. 2004. Lineamientos para la transferencia de semilla en los Pinos del Sur (Grupo Australes) de Estados Unidos. In: Vera C., G., J.J. Vargas H. y J. Dorantes L. (Eds.). Memorias del simposium "Uso y conservación de recursos genéticos forestales". Colegio de posgraduados Comisión Nacional Forestal. Montecillo. México. pp 15-19 .
- SEMARNAP (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), PROCYMAF (Proyecto para la Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales en México) Fecha de consulta: 2005. Catalogo: Especies con Usos No Maderables en Bosques de Encino, Pino y Pino-Encino en los Estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Proyecto: "Diagnóstico de Productos no maderables en Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca" coordinado por el Centro de Investigación y Docencia Económicas A.C. En: <http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/index.html>.
- ZOBEL, B. y J. TALBERT. 1992. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México. 545 pp.