



UNIVERSIDAD MICHOCANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
FACULTAD DE BIOLOGÍA

**“POSIBILIDAD DE APROVECHAMIENTO DE  
*Pinus pinea* EN TLALPUJAHUA, MICH. MÉX.”**

Tesis que presentó

**José Bricio Agustín Piñón Becerril**

Para obtener  
el título profesional de

**Biólogo**

Director de tesis

**M. C. Xavier Madrigal Sánchez**

Segunda edición

Morelia, Mich. Méx.

7 de julio del 2007.



En la Ciudad de Morelia, capital del Estado de Michoacán de Ocampo, siendo las 12:00 horas del día 11 de mayo del 2007

se reunieron en el Salón de Recepciones de la Facultad de Biología

los profesores:  
Cuauhtemoc Saenz Romero  
Arcelia Cabrera Gonzalez  
Xavier Madrigal Sanchez

Presidente y Vocales, en su orden, de la mesa sinodal designada para practicar el examen profesional de Biólogo

concedido en Oficio Número 23004-06/07  
 de fecha 27 marzo 2007 expedido por

la Dirección de Control Escolar de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, a Jose Bricio Agustín Piñón Becerril quien intituló su tesis "Posibilidad de aprovechamiento de Pinus pinca en Tlalpujahua, Mich. Mex."

El día, fecha y hora señalada, el Jurado procedió a realizar y verificar la prueba oral

de acuerdo con las disposiciones reglamentarias vigentes. Practicando el examen el señor Cuauhtemoc Saenz Romero

en su carácter de Presidente del Jurado deliberó con los demás miembros de la mesa sinodal sobre la capacidad e idoneidad del sustentante, acordando: aprobarlo por unanimidad

lo cual comunicó al (a) interesado (a). Acto continuo, el Presidente del Jurado procedió a tomarle la protesta de rigor en los siguiente términos:  
 "¿Protesta conducirse con toda honradez y moralidad en el ejercicio de su profesión, teniendo siempre presente los elevados fines con los que la Universidad has instituido esta Carrera y de que la misma tiene un carácter eminentemente social; así como normar su conducta, de acuerdo a los principios filosóficos sustentados por esta Casa de Estudios en el desarrollo de sus actividades?" Contestando si el sustentante. Si Protesto.

Se levanta la presente, para que obre la debida constancia, Siendo las 14:00 hrs. del día de la fecha, firmando todos los que intervinieron. Doy Fe.

Cuauhtemoc Saenz R.  
 (Presidente del jurado)

[Signature]  
 Vocal

[Signature]  
 Vocal

[Signature]  
 Vocal  
 (Sustentante)

[Signature]  
 Vocal  
 (Secretario)



Biólogo  
 DE  
Jose Bricio Agustín Piñón Becerril

## CON MUCHO AGRADECIMIENTO

- Al Director de tesis M.C. Xavier Madrigal Sánchez, por todas sus valiosas indicaciones y por contagiarme su tranquilidad y sencillez.
- Al Doctor Cuauhtémoc Sáenz Romero por su apoyo en estadística y gráficos.
- A la M.C. Arcelia Cabrera González por su apoyo en metodología, geología y edafología.
- Al M.C. Carlos Armando Tena Morelos por auxiliarme a concretar objetivos.
- Por apoyar este trabajo a la M.C. Tohtli Zubieta Rojas Directora de la Facultad de Biología, M.C. Juan Carlos González Cortés Secretario Académico de la Facultad de Biología, Ingeniero Silvestre Vargas Jefe del Departamento de Servicios Generales, Daniel Villagómez Campos Encargado de Jardinería y Secretaria Patricia Rico de Tesorería (pertenecientes a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo).
- Por su apoyo con material a Laurent Auclair Blain (Paris, France), Gabriela Piñón Navarro, Florence Pérez (Chambery, France), Jorge Ochoa Castillo, Janize (Chambery, France), Magay Degarby (France), Joel (London, England), Hernando David Valencia Solís, Enrique Canseco y Tanner (Canadá).
- Por su apoyo en técnica de germinación al Sr. Joaquín Ortega Orta.
- Por su apoyo en redacción a Arlet Ibarra García, Jorge Mora Colín, Gustavo López Palmerin, Roció Piñón Navarro y Dominique Dufétel Crimen.
- Por su apoyo en fotografía a Alfredo Mercado Perdomo y Mario Rodríguez Colín.
- Por su apoyo en las plantaciones y en general al Sr. Alfonso Morales, Clara Alicia Villasana Piñón, Leticia Solís Bolaños, Jonatan y Marduk Castillo Solís, Roberto Piñón Mtz., Javier Esquivel Ponce, Israel Rodríguez Colín, Víctor Manuel Pantoja Argueta, Alejandro Piñón, Prof. Israel Romero, Carlos Mtz. Colín, Iván Hernández Mtz., Flavio Torres Piñón, Víctor Sánchez Ponce, Gustavo Bernal Navarro, Gustavo Bernal Varela, Maestro Diego Piñón Navarro, Rodrigo Granados Morales, Carlos Argueta, Giovanni (Italia), Joan (France), Devin (California, USA), Raúl Ramírez Ángeles, Dolores Esquivel Mtz., Juan Manuel Ruiz, Cuauhtémoc Figueroa, Roberto Margil, Ana Cecilia Sánchez, Shakina J. Nayfack, Julia Sánchez Soto, Leticia Mtz. Rojas, Eugenio Muñoz, Pedro Becerril, Luis Javier Cruz Flores, C. Luis Moreno Regidor de Ecología del Ayuntamiento 2002-2004 de Tlalpujahuá, Personal de “Taxis Las Palmas”, Catalina Alvarado Sánchez de “TLALPUnet” y Personal de “CIBERnet”.



Sinceramente  
briciopignon@hotmail.com





Medieval illustration (Santesson 2000; original source unknown) (Earle, 2005).

## DEDICADA A

*Mi abuelito Juan Piñón Hernández porque me dio genes que me dan gusto por el trabajo, el esfuerzo, el deporte y por las amistades.*

*Mi abuelita Crecencia Linares Argueta porque me dio genes que me han permitido tener decisión y salir de los momentos más difíciles así como también querer con la misma intensidad.*

*Mi abuelito Mariano Becerril Martínez porque me dio genes que dan capacidad para aplicar las técnicas.*

*Mi abuelita Rosita Alcantar porque me dio genes que me permiten apreciar la naturaleza y la música.*

*Mi padre Don Beto por su plena confianza y esfuerzo para hacerme útil.*

*Mi madre Tere por su infinito apoyo, atenciones y heredar-me su intuición.*

*Mi hermano Roberto por haber sido modelo a seguir en mi infancia.*

*Mis hijos Brimar y Randar por sus sonrisas.*

*Mis tíos Fernando Solís Linares (el que lloró y perfumó la tumba de mi padre), Otón Piñón Soto (mi tío y amigo), Marta Piñón (mi paño de lágrimas), Esperanza Piñón, Mariana Navarro y Alicia Becerril (las tres por su familiaridad).*

*Mis mascotas.*



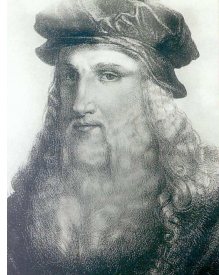
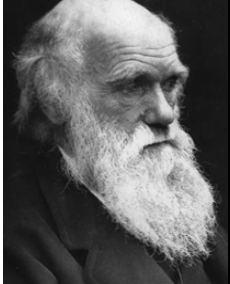

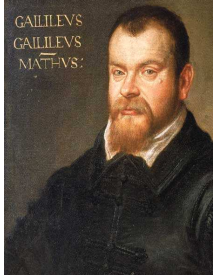

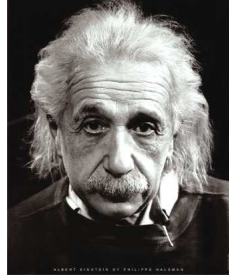


Mis amigas *Penélope Villegas Soto, Azucena Juárez Garduño, Claudia Bermeo, Alexandra Abad, Norma Coria Gil, Daphnée Pineda Canedo, Alexandra Granados Morales, Enedina Torres Colín, Marisol Liká, Abril Ángeles Olay Blanco, María Guadalupe García Reyes, Maura Ruiz, Manuela y Lourdes Ibarra García, Guadalupe y Marielena López Navarro, Marcela Rangel, Noemí Magdalena Sánchez Padilla, Noemí Escobar Garduño, Lucía Mora Núñez, Sonia Mendoza Salazar, Guillermina Solís Ruiz, Ruth Marlene (Tlalpujahuilla), Ana María López López, Patricia Garduño Marín (El Oro Méx), Lucía y Claudia Yovana (Maravatío), Lucía Aguirre Gómez (Parácuaro Mich.), Roció Inzunza Escobar, Vanessa vanbij (Bretagna, France), Amell (Bretagna, France), Anemone (Bretagna, France), Jury Laurence (Lion, France), Vangeline (France), Kata Pierce (California, USA), Jacqueline (California, USA), Tania Galindo, Mónica Pratz Saint Geours y Tanner (Canada) por sus consejos, cariño y el tiempo que me dieron.*

Mis compañeros *Roció Penagos Pérez, Ma. del Carmen Cecilia Rivera Patiño, María de Jesús Larriva, Ricardo Díaz Guerrero, Humberto Puente, Juan Luis Coronel, Gabriel Bolaños, Marielena Colín Soto, Leticia Rubio Loza, Lucía Vargas, Griselda y Alma Yesenia Barajas Velásquez, Lilia Verónica Legorreta, Héctor Valenzuela Figueroa, Rosalinda Fogo Gómez y Sandra Resendiz Padilla.*

Mis maestros *Miguel Fraga, Padre Manuel, Padre Polo, Alfredo Figueroa, Laura Villaseñor, Silvia Aguilera, Eva Soriano, Víctor Manuel Rodríguez Alcocer, Xavier Madrigal Sánchez, J. Bronowsky, Spencer Wells, Sam Neill y Stephen Marsh.*

El pueblo *Bosquimano Sans.*

*Y con todo respeto y admiración a los personajes siguientes:*

				
<i>Cristóbal Colón</i>	<i>La Reina Isabel la Católica</i>	<i>Leonardo da Vinci</i>	<i>Charles Darwin</i>	<i>Gregorio Mendel</i>
				
<i>Galileo Galilei</i>	<i>Thomas Alva Edison</i>	<i>Albert Einstein</i>	<i>William Wallace</i>	<i>David Carradine</i>

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	7
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	12
2.1 Objetivo general.....	12
2.2 Objetivos particulares.....	12
<b>3. ANTECEDENTES</b> .....	13
3.1 Autoecología.....	13
3.2 Descripción de la especie.....	16
<b>4. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE TLALPUJAHUA</b> .....	19
4.1 Localización y superficie.....	19
4.2 Fisiografía.....	20
4.3 Relieve.....	21
4.4 Geología.....	21
4.5 Estratigrafía.....	22
4.6 Suelos.....	24
4.7 Clasificación del clima.....	25
4.8 Hidrografía.....	27
4.9 Vegetación.....	29
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	33
5.1 En vivero.....	33
5.2 Plantación.....	39
5.3 Recomendaciones pertinentes para su cultivo.....	40
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	42
6.1 Germinación.....	42
6.2 Sobrevivencia de <i>Pinus pinea</i> en mayor altitud .....	45
6.3 Características morfológicas de la copa, tallo, corteza y radícula comparadas con las de su lugar de origen .....	45
6.4 Estimación del tiempo de aparición de hojas adultas y las yemas terminales.....	48

6.5 Incrementos en altura.....	49
6.6 Incrementos en altura con el uso de fertilizante.....	50
6.7 Temperatura.....	57
6.8 Efecto en su desarrollo .....	57
6.9 Sobrevivencia y desarrollo en los suelos de la región.....	59
6.10 Requerimientos en cuanto a la cantidad y distribución de la precipitación pluvial .....	59
6.11 Requerimientos en cuanto a la irradiación solar .....	60
6.12 Incremento en altura en campo.....	60
6.13 Adaptación de <i>Pinus pinea</i> en comparación con especies de coníferas nativas y exóticas en la localidad de Tlalpujahuá, Mich. ....	61
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>8. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>81</b>
<b>APENDICE.....</b>	<b>88</b>
Aspectos económicos.....	88
Constancia municipal de plantaciones de <i>Pinus pinea</i> . ....	89
Constancia de la UMSNH por donación de especies arbóreas.....	90
Constancia del “Centro Mexicano de Butoh” por donación de especies arbóreas.....	91
Constancia por el “Museo Tecnológico Minero Siglo XIX” de la plantación de dos <i>Pinus pinea</i> .....	92
Constancia por el “Instituto Mexicano del Seguro Social” de la plantación de un <i>Pinus pinea</i> .....	93
Solicitud de “La Facultad de Biología de la UMSNH” para conservar dos ejemplares de <i>Pinus pinea</i> .....	94
Carta de felicitación.....	96

## RESUMEN

Se presentan resultados del comportamiento en etapa juvenil de *Pinus pinea* y de 23 especies más de coníferas, contribuyendo así a conocer mejor su periodicidad, requerimientos mínimos, condiciones óptimas y límites de tolerancia, en las condiciones naturales de Tlalpujahua, Michoacán.

Al hacer la evaluación se demostró que *Pinus pinea* es una adecuada elección, pues desarrolla bien en Tlalpujahua y supera los efectos de ser trasplantado a un lugar de mayor altitud. Aunque es necesario mantenerlos en el suelo con humedad de manera permanente durante todo el año.

Si se considera que desarrolla e incrementa su altura satisfactoriamente, existe la posibilidad de que pueda producir semillas y pueda ser un cultivo alternativo o complementario en la región.

Esta especie se presenta muy heterogénea en cuanto al porcentaje de adaptación: 18% se encuentran muy bien adaptados, 60% se encuentran bien adaptados, 20% se encuentran medianamente adaptados y 2% no se adaptan.

Al haber observado el desarrollo parcial de otras especies exóticas, se considera que las siguientes especies son factibles que continúen desarrollando en la región y puedan ser aprovechables:

- a) *Pinus ayacahuite*. Con posibilidades de aprovechamiento ecológico y ornamental.
- b) *Pinus densiflora*. Tiene mucha posibilidad de aprovechamiento ornamental. Pero conviene hacer la siembra en febrero porque necesita desarrollar lo suficiente y producir hojas adultas, pues las juveniles se pierden en invierno y el árbol puede morir. Superado el primer año, en el segundo presenta buen desarrollo e incluso al año y diez meses produjo 33 microestróbilos y 2 megaestróbilos.
- c) *Pinus douglasiana*. Con posibilidades de aprovechamiento forestal y ornamental, pero aunque crece rápido y bien, no por eso supera a la especie nativa *Pinus pseudostrobus* Lindley.



- d) *Pinus johannis*. Con posibilidades de aprovechamiento ecológico, frutal y ornamental. En virtud de su adaptación a lugares secos y a una distribución de precipitación pluvial similar a la de Tlalpujahuá, puede ser utilizada en sitios secos, perturbados y erosionados de la región.
  
- e) *Pinus maximartinezii*. Aunque desarrolla lento, dada su importancia de preservación conviene intentar cultivarla.
  
- f) *Pinus rigida*. Con posibilidades de aprovechamiento ornamental, aunque crece rápido, no por eso supera a la especie nativa *Pinus pseudostrobus* Lindley. Para el cultivo se recomienda que la siembra sea en febrero, porque necesita desarrollar lo suficiente para producir hojas adultas, pues las juveniles se pierden en invierno y el árbol puede morir. Esta especie es muy irregular en cuanto al porcentaje de adaptación, con solo un mínimo bien adaptado.
  
- g) *Pinus sylvestris*. Con posibilidades de aprovechamiento ecológico y ornato navideño. Para el cultivo se recomienda la fertilización tal como lo señala Carrasco (1997), pues el árbol mejora mucho.

## 1. INTRODUCCIÓN

La pérdida de la vegetación forestal, junto con el cambio de uso del suelo, tiene las siguientes consecuencias: Alteración del clima, calentamiento global, disminución en la fijación del  $\text{CO}_2$  de la atmósfera y en la adición de  $\text{O}_2$  a la misma, pérdida de la biodiversidad, propagación de plagas, erosión, deslaves, escasa infiltración en los mantos freáticos, inundaciones por falta de filtración al subsuelo de la precipitación pluvial, así como azolve de ríos, presas y lagos (Attenborough, 2005; Raga,1985). En Michoacán, al igual que en el resto del país y a causa de las características culturales de la gran mayoría de los michoacanos, es utópico pensar que pueda haber una recuperación o aún una preservación de la poca cubierta forestal remanente en la actualidad (Figura 1).



Figura 1. Panorámica de los alrededores de la cabecera municipal Tlalpujahua de Rayón donde se puede apreciar la grave pérdida del bosque en 75% aproximadamente. Vista desde Tierras Coloradas en cumbre del Cerro Somera con 2950 msnm y con fecha de enero del 2004.

Las pináceas son un grupo de plantas que pueden usarse para contrarrestar este efecto negativo.

El género *Pinus* comprende alrededor de 112 especies descritas, se originó en Asia y al dispersarse se ha distribuido en el Hemisferio Norte, tanto en Asia, Europa como en Norteamérica. México es reconocido como un centro secundario de diversificación, con aproximadamente 50 especies descritas o sea el 44.6% (Piñero, 2001).

Los pinos mexicanos productores de semillas comestibles, se han ido diferenciando en los últimos 40 millones de años, adaptándose a condiciones muy áridas (Piñero, *op. cit.*). Por eso es que no están representados en Tlalpujahua y tampoco se adaptan fácilmente, pues es así que el cultivo de *Pinus cembroides* ha resultado muy lento, difícil y sin producción de semillas.

Cabe señalar aquí, que a todas las semillas de las diferentes especies de pinos se les denomina “piñones” (Font, 1961), aunque algunas sean más grandes y otras de menor tamaño. Los romanos llamaban “*Pinus*” a la especie *Pinus pinea*, por lo que es la raíz de la denominación de todos los pinos (Coscoja, 1998).

Todas las semillas de las especies de *Pinus* son comestibles, aunque la mayoría son muy pequeñas para comer (Sharashkin, 2004.) y son los llamados “piñoneros” los que producen semillas grandes, que son comestibles y altamente nutritivas. Se encuentran en Asia, Europa, el Cercano Oriente y Norteamérica donde han sido importantes, por lo menos para el consumo local de los nativos, quizás el único piñonero sin historia de uso aborigen sea el *Pinus culminicola*, ya que crece en altitudes antes deshabitadas.

Las especies que producen piñones comestibles son aproximadamente 31, se han utilizado como alimento, por lo menos por las culturas indígenas (FAO, 2006), en orden decreciente de importancia *P. pinea*, *P. koraiensis*, *P. gerardiana* y *P. cembroides*, por lo que se les ha tenido más interés en cultivar para obtener sus semillas. Esto se debe probablemente a la distribución de las especies, el crecimiento rápido de los árboles, el tamaño de las semillas y la producción temprana de las mismas, así como a la cantidad de semillas que produce cada árbol (Coleman, 2004; Earle, 2005; FAO, 2006; Phillips, 1985; PNGA, 1999).

Es por eso la intención de dar a conocer a los agricultores el cultivo alternativo de un pino productor de semillas comestibles, a manera de huertos familiares, en donde ahora cultivan frutales, trigo, maíz o son tierras abandonadas y erosionadas.

Si la gente se beneficia económicamente con el comercio de la semilla, como complemento a otros ingresos, entonces resultará una mayor conservación de los bosques y consecuentemente se tendrá un beneficio ecológico, por eso se justifica la introducción de una especie exótica y es importante encontrar una especie que se pueda adaptar a las condiciones edafoclimáticas de Tlalpujahua.

No se encontró antecedente de introducción de *Pinus pinea* en Tlalpujahua ni en el resto del país.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar la posibilidad de introducción de *Pinus pinea* en la región de Tlalpujahuá, con fines de aprovechamiento.

### **2.2 Objetivos particulares**

#### **2.2.1 En vivero**

- a. Comparar las características de *Pinus pinea* en relación con las que presenta en su lugar de origen y con las de otras especies de coníferas.
- b. Establecer la correlación entre algunas características ambientales y el incremento en altura de *Pinus pinea*.

#### **2.2.2 En campo**

Conocer las condiciones ambientales más favorables para *Pinus pinea* en cuanto a las características de los suelos, la precipitación y la irradiación solar.

#### **2.2.3 Hacer las recomendaciones pertinentes para su cultivo**

Tomando en consideración su adaptación, características morfológicas y velocidad de crecimiento.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 Autoecología

3.1.1 **Germinación.** *Pinus pinea* germina mejor cuando la semilla es fresca y tarda de 9 a 10 días en vivero. La mejor germinación se obtiene bajo las siguientes condiciones: temperatura óptima de germinación entre 17 y 25 °C, a menos de 10 °C se vuelven inactivas y por arriba de 25 °C se inhibe el establecimiento de la planta en el semillero (Bachiller, 1999; PNGA 1999). El medio no debe ser demasiado húmedo. Es importante agregar el hongo micorrízico recolectado en el suelo del bosque de pino; en ausencia del hongo, los árboles pueden sufrir deficiencia de fósforo y tener un crecimiento pobre. También el hongo proporciona una cierta protección contra las condiciones muy húmedas o demasiado secas (PNGA, 1999).

3.1.2 **Suelo.** Se desarrolla mejor en una posición fisiográfica de terraza, o ladera de profundidad moderada a elevada, con PH entre 4 y 9 (lo que indica un alto grado de adaptabilidad). De textura media, arcillosos a arenosos, profundos y frescos. De silicios a ligeramente carbonatados. Soporta bien la salinidad cerca del mar pero no coloniza zonas salinas. No se adapta a terrenos de textura muy fina, margosos o con yeso. Es indispensable que el suelo aunque sea húmedo esté bien drenado, porque no soporta encharcamientos, por lo que aunque crezca en terrenos planos, son preferibles los que tengan entre 30° a 60° de pendiente (Coscoja, 1998; Earle, 2005; La web del árbol, 2006).

#### 3.1.3 Clima

a. **Altitud.** De 0 a 1000 msnm entre 30° a 45° de latitud Norte (Coscoja, 1998; La web del árbol, 2006; IRNAS, 2000).

b. **Temperatura.** Poca variación (Earle, 2005). De máximas superiores a 40 °C hasta mínimas inferiores a -15°C, aunque se prefiere casi siempre que las

temperaturas del mes más frío superen los 0°C y no excedan de 30°C (Coscoja, 1998; IRNAS, 2000; La web del árbol, 2006). En la región circunmediterránea, la variación de temperatura en un día es de aproximadamente 2 a 3 °C. En los terrenos del C.N.M.F “El Serranillo”, que se encuentra a una altitud de 650 m, se tiene una temperatura media de 14° C (Carrasco, 2000). En la parcela de Los Navalucillos, a una altitud de 950 m, se tienen temperaturas medias de 12 °C y 12.9 °C (Carrasco, 1997).

- c. **Precipitación.** Necesita una precipitación superior a 400 mm, aunque también se encuentra en zonas con valores cerca de 250 mm, normalmente recibe de 400 a 800 mm/año, de los cuales entre 100 y 150 pertenecen al periodo veraniego, cuando requiere al menos 50 mm en este periodo (Coscoja, 1998; La web del árbol, 2006). En los terrenos del Centro Nacional de Mejora Forestal (C.N.M.F) “El Serranillo”, situado en la provincia de Guadalajara, a unos 50 km de Madrid y que se encuentra a una altitud de 650 m, se tiene una precipitación media de 400 mm (Carrasco, 2000). En la parcela de Los Navalucillos a una altitud de 950 m, se tienen precipitaciones medias de 545 y de 624 mm (Carrasco, *op. cit.*). De acuerdo con Piñero (2000) los pinos denominados piñoneros son de climas secos.

#### 3.1.4 Crecimiento

- a. **Incrementos de altura.** En un contenedor para la etapa juvenil, es de una media que varía entre 21 y 25 cm hasta 28 cm (Bachiller, 1999).
- b. **Fertilización.** En España reaccionan mejor con fertilizante de liberación lenta (12 a 14 meses), de composición 9-13-18+3MgO+Fe en forma granulada, con dosis de 15 g por planta, colocado debajo del sistema radical en el momento de la plantación, así tiene incrementos de altura de 29 a 31 cm (Bachiller, 1999). Sin embargo, Carrasco (2000) manifiesta que en un intento de aproximación a la fórmula nutricional más adecuada, se han aplicado diferentes relaciones de

equilibrio de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), en un cultivo de *Pinus pinea* en vivero, donde en estas relaciones se han combinado distintos niveles de N, P y K, después de haber analizado la planta al final del primer año de cultivo y haber realizado un seguimiento en campo durante tres años; los resultados muestran una clara coincidencia entre las relaciones de NPK más equilibradas y la mejor calidad de la planta, con mayores incrementos de crecimiento en campo. El nitrógeno y el fósforo deben aportarse equilibradamente, de forma que a un mayor aporte de uno debe ir parejo proporcionalmente con un aporte del otro; la dosis alta de potasio probada en este estudio, se ha mostrado inadecuada para esta especie. Y también se han aplicado diferentes dosis de fertilizante a lo largo de un cultivo de *Quercus ilex*, *Pinus pinea*, *P. pinaster* y *P. sylvestris*, cada una de las especies representativa de un tamaño de semilla diferente. Las mediciones de partes aéreas y radicales de las plantas en vivero y los resultados de las parcelas de campo, han mostrado diferencias muy significativas entre plantas fertilizadas y plantas sin fertilizar. Las especies de menor tamaño de semilla, han mostrado más necesidad de fertilización que las especies con semillas mayores (Carrasco, 1997).

- c. **Crecimiento en campo y con fertilización.** Es de 29 cm a 31 cm (Bachiller, 1999). Como comparación, *Pinus taeda* en Norteamérica crece 40 cm al año (Krebs, 1985) y *Pinus koraiensis* desarrolla mejor si se planta entre 30 a 90 cm (Plants At GardenBed, 2004).
- d. **Luminosidad.** Se requieren espacios de 10X10 m ó más, porque requieren luminosidad intensa y se adapta bien a vivir aislado, aunque no solo, pues requiere polinización de otros. Así se desarrolla ampliamente su copa que favorece mejor producción de conos o piñas y sus sistemas radicales no entran en competencia (Coscoja, 1998; PNGA, 1999).
- e. **Desarrollo y mecanismos medidores de tiempo.** Liphshitz *et al.* (1984) registran la actividad cambial para dos especies de pinos que crecen en clima



mediterráneo y para *Pinus halepensis*, señala dos periodos de actividad en el cambium vascular en primavera y otoño y de inactividad en verano e invierno; mientras que *Pinus pinea* mantiene una actividad cambial de abril a noviembre. El autor menciona que *Pinus halepensis* se adapta al clima mediterráneo, entrando en inactividad cambial en el periodo de sequía, mientras que *Pinus pinea* sigue el ritmo de actividad del cambium vascular de las regiones templadas, ampliando la duración de su actividad.

### 3.2 Descripción de la especie

3.2.1 La taxonomía de la especie es la siguiente:

Reino: Vegetal

División: *Pinophyta* (gimnospermas)

Subdivisión: *Pinicae*

Clase: *Pinopsida*

Orden: *Pinales* (coniferales)

Familia: *Pinaceae*

Genero: *Pinus*

Subgénero: *Pinus (Diploxylon)*

Sección: *Pinea*

Subsección: *Pineae* (única especie de la Subsección).

Especie: *Pinus pinea* Linnaeus 1753

Fuentes: Cronquist, 1984; Earle, 2005.



Figura 2. Copa (Earle, 2005).

#### 3.2.2 Características morfológicas

- a. **Copa.** Es de forma elipsoide, casi esférica en árboles jóvenes, que se torna como paraguas en ejemplares solitarios adultos (Figura 2). Ramificación verticilada, con ramas muy gruesas siempre ascendentes, desarrolladas casi a la altura de la guía terminal, dando un aspecto aparasolado característico de la especie.

Ramillas de color gris verdoso y brotes grisáceos o pardos (La web del árbol, 2006).



Figura 3. La polinización depende de corrientes de viento seco y es de febrero a finales de junio, registrándose las mayores concentraciones entre finales de febrero y principios de marzo (Coscoja, 1998). Esta especie no se cruza por hibridación con otra (Plants For A Future, 2006). Los estróbilos se abren a fines de primavera: Los masculinos son dorados y arracimados; los femeninos, son de color verde amarillento pálido, miden aproximadamente 1.2 cm de largo. Los conos son grandes y pesados, miden 12.5 cm de largo, permanecen cerrados durante 3 años. Cuando se cosechan los piñones, las piñas se dejan bajo los rayos del sol directo, lo que fuerza su apertura (Phillips, 1985).

- b. **Tronco.** Es recto y puede ser bastante cilíndrico cuando se le poda adecuadamente (Sánchez, 2006).
- c. **Corteza.** En la juventud se torna fisurada y con escamas de color grisáceo, para luego conformar una estructura con escamas más grandes de colores naranja,

rojizas, separadas por profundos surcos con tonos rojizos y grisáceos (La web del árbol, 2006).

- d. **Raíz.** El sistema radical es muy desarrollado, con raíz principal pivotante que detiene su crecimiento relativamente pronto, a favor del conjunto de raíces secundarias bien distribuidas, que crecen bastante inclinadas en busca de agua en las capas más profundas (La web del árbol, 2006).
  
- e. **Hojas.** Las hojas juveniles son de color verde-azulado-blانquizco, miden de 1.5 a 4.0 cm de largo, salen durante 3 a 10 años mezcladas con las hojas adultas, que son de color verde típico y un poco oscuro, aciculares de 2 mm de ancho, ligeramente retorcidas y puntiagudas, de 10 a 20 cm de largo en fascículos de 2 hojas con vaina persistente y a menudo son un tanto escasas (Earle, 2005; Phillips, 1985) (Figura 3). Las hojas adultas aparecen a los tres años y se mantienen dos o cuatro años en el árbol (Earle, 2005). También se ha registrado que las hojas adultas pueden aparecer a los dos años (Member.aol.com, 2004).
  
- f. **Yemas.** Son cilíndricas, puntiagudas en su extremo, cubiertas por escamas de color pardo claro (Sánchez, 2006).

#### 4. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE TLALPUJAHUA

**4.1 Localización y superficie.** El municipio de Tlalpujahua se encuentra, al Noreste del Estado de Michoacán, que a su vez se encuentra al centro y oeste de México (Bello, 1987) (Figura 4). Limita al noreste con el municipio de Contepec, Estado de Michoacán, al este con el municipio de El Oro, Estado de México; al sur con el municipio de San José del Rincón, Estado de México, al suroeste con el municipio de Senguio, Estado de Michoacán y al oeste y noroeste con el municipio de Maravatío, Estado de Michoacán (Correa, 1979) (Figuras 5 y 6). Tiene una extensión territorial de 186.46 km<sup>2</sup> y es el municipio con clave 093 de acuerdo con la división municipal de Michoacán (INEGI, 1985). La Altitud sobre el nivel del mar es de 2400 a 3000 metros y media de 2566 (Cabrera, 2003).



Figura 4. Ubicación del Estado de Michoacán en la Republica Mexicana (Adaptado de García de Miranda y Falcón de Gyves, 1977).

El municipio se localiza geográficamente entre 19° 45' y 19° 50' de latitud norte con 100° 10' y 100° 17' de longitud oeste con relación al meridiano de Greenwich (Archivo Municipal, 2004).

**4.2 Fisiografía.** Tlalpujahua se encuentra en la Cordillera Neovolcánica Transversal, la cual es una provincia fisiográfica o región geomorfológica establecida sobre la base de la estructura y la historia geológica de la región, el análisis de la erosión y los alcances de la misma (Bello, 1987).

El Sistema Volcánico Transversal se puede caracterizar como una gran masa de rocas volcánicas de diversos tipos, acumulada en innumerables y sucesivos episodios volcánicos iniciados desde mediados del Terciario (hace 35 millones de años) hasta el presente (INEGI, 1985).

El Sistema Volcánico Transversal recibe el nombre local de “Sierra de Tlalpujahua” (Correa, 1979).



Figura 5. Ubicación del municipio de Tlalpujahua en el Estado de Michoacán. Fuente: Bello González, 1977.

**4.3 Relieve.** El relieve montañoso está representado por rocas volcánicas del Terciario, que cubren secuencias metamórficas y sedimentos del Mesozoico. La región se caracteriza por la predominancia de rocas ígneas del Terciario, que son en su mayor parte de naturaleza efusiva y por la presencia de formaciones sedimentarias mesozoicas, entre las que se encuentran la pizarras arcillosas, rocas que ocupan extensiones superficiales relativamente reducidas y que se observan aflorando en aquellos lugares que han estado sujetos a una prolongada erosión, tales como las barrancas, cañadas, etc. de ciertos lugares montañosos (Flores, 2004).

En este territorio se encuentran cuatro prominencias (Archivo Municipal, 2004; Cabrera, 2003; Vargas, 1984) denominadas como los cerros:

- San Miguel o Calvario con 3480 msnm.
- Cerro Tlalpujahuá con 2960 msnm.
- Campo del Gallo (Parque Nacional Rayón) con 2800 msnm.
- La Somera con 2950 msnm. Este último divide el municipio de Tlalpujahuá con el Municipio de El Oro, Estado de México.

**4.4 Geología.** Las rocas ígneas efusivas corresponden a andesitas, riolitas y basaltos, que han hecho su aparición en el mismo orden en que se enumeran y que se presentan en algunos lugares, cubiertas por las tobas o brechas respectivas (Flores, 2004).

Las rocas ígneas intrusivas son de diversa naturaleza y consisten de pórfidos andesíticos, traquíticos, aplíticos, etc., o de “rocas verdes” de carácter lamprofírico (camptonitas y monchiquitas) que ocurren, bien como diques o bien como pequeñas masas intrusivas de forma irregular (Flores, *op. cit.*).

Las rocas sedimentarias son calizas y esquistos arcillosos (lutitas), estas últimas predominan y aparecen a veces alternando con margas o areniscas. Se encuentran también materiales detríticos de acarreo, constituidos en su mayor parte por arenas, gravas, conglomerados, cascajos o aluviones, que ocupan las depresiones fluviales o las llanuras (Flores, 2004).

Tlalpujahua, junto con el resto del Estado de Michoacán, se encuentra localizado en un margen de tipo activo, donde la Placa de Cocos subduce (se introduce por debajo) la parte continental representada por El Bloque de Michoacán (que actualmente forma parte de la Placa Norteamericana). Este proceso de subducción es el que ha esculpido, desde el Mesozoico, la geología de la entidad, dando lugar por una parte a los arcos volcánicos y por otra, ocasionando los fenómenos magmáticos y dinámicos que han levantado el relieve topográfico (Cabrera, 2003).

**4.5 Estratigrafía.** Los primeros estudios geológicos de esta región se remontan hasta el siglo XIX (Bernal, 2002).

Los depósitos sedimentarios que dieron origen a las pizarras arcillosas, margas, calizas más o menos margosas y areniscas que suelen alternar con las pizarras, son las rocas más antiguas de la región. Los citados depósitos sedimentarios ocurrieron probablemente en mares precretácicos y una vez formados, fueron consolidados más tarde por los procesos ordinarios de diagénesis, habiendo emergido posteriormente de aquellos mares para empezar así en su primer periodo continental, durante el cual tuvieron lugar los fenómenos de erosión, como lo revela la discordancia que existe entre estos sedimentos marinos y las calizas que descansan sobre ellos (Flores, 2004).

Después, durante el Cretácico, hubo un sumergimiento que trajo como consecuencia la formación de nuevos sedimentos marinos, representados por las calizas que aparecen en gruesos bancos en el extremo meridional de la región, los cuales emergieron más tarde del seno de las aguas de los mares cretácicos, iniciando entonces un segundo periodo continental que se prolongó hasta nuestros días, como parecen probarlo los depósitos sedimentarios formados durante el Terciario y Cuaternario, que no son ya de origen marino, sino de carácter lacustre o terrígeno. No existen depósitos sedimentarios terciarios de origen marino (Flores, 2004).





Durante este segundo periodo continental, se efectuó la inyección en las pizarras arcillosas de las “rocas verdes”, cuyas intrusiones experimentaron en algunos lugares, juntamente con las pizarras arcillosas, la acción de un intenso metamorfismo dinámico, debido a los movimientos orogénicos de que fue teatro la región, los que se repitieron varias veces, produciendo esfuerzos de presión lateral que originaron los pliegues, fracturas y fallas (Flores, *op. cit.*).

Casi simultáneamente o quizás después de un corto intervalo de tiempo, se efectuó la intrusión de los pórfidos que atravesaron también a las formaciones preexistentes. Es muy probable que durante esta época, el drenaje general de la región se haya verificado totalmente hacia el sur, drenaje que quedó dividido después por la aparición de las rocas ígneas que constituyen las sierras más elevadas de la región en corrientes que se separaron, concurriendo unas hacia el norte y las otras hacia el sur (Flores, 2004).

**4.6 Suelos.** En el municipio de Tlalpujahua se encuentran los siguientes tipos de suelos (Cabrera, 2003; INEGI, 1985):

**4.6.1 Luvisol.** En el área ocupa 50% aproximadamente. Es característica la presencia de un horizonte B argílico, como resultado de la movilización de coloides minerales, que permiten el desarrollo de un horizonte de acumulación de arcillas migradas de los horizontes superiores. Esta depositación de arcillas acompañadas de sesquióxidos y materia orgánica, tiene como resultado el impedimento de la percolación del agua y el taponamiento de los poros finos. La mayoría de estos suelos tiene vegetación de pino-encino y su explotación forestal en baja escala, tienen uso en agricultura de temporal y están sujetos a la erosión por el relieve accidentado.

**4.6.2 Andosol.** En el área ocupa 30% aproximadamente. Es suelo derivado de ceniza volcánica, material caracterizado por la presencia de materiales amorfos, es decir, que no presenta cristalización como consecuencia de un rápido enfriamiento del material magmático. Este proceso de enfriamiento rápido promueve el desarrollo de materiales más fácilmente intemperizables que los minerales cristalinos, originando

suelos poco evolucionados que se desarrollan en un tiempo relativamente corto en comparación con otros suelos que requieren algunos miles de años para su formación.

4.6.3 Litosol. En el área ocupa 17% aproximadamente. Está determinado por la naturaleza del material originario, que da lugar a un suelo superficial delgado encima del lecho rocoso. Se encuentra preferentemente en terrenos escarpados, con poco desarrollo y en general no son de significación agrícola (Buckman, 1979).

4.6.4 Vertisol. En el área ocupa 3% aproximadamente. Es un suelo de color oscuro, con textura uniforme fina o muy fina; una de sus propiedades más importantes es la dominancia de arcilla expandible, generalmente montmorillonita, que ocasiona que al secarse este suelo, se contraiga y agriete. La presencia de este tipo de arcilla mencionado anteriormente, implica limitantes para su utilización, debido a que el rango óptimo de humedad es estrecho, porque o bien se encharca cuando está muy mojado o resulta muy difícil de manejar si está muy seco. Otra limitante lo constituye la salinización de este suelo, como consecuencia de la presencia de mantos freáticos someros contaminados y por el manejo inadecuado de las aguas de riego.

4.6.5 Lamas o Jales Mineros. Se encuentran inmediatamente al Este de la cabecera municipal. Son grandes acumulaciones de tierras residuales de extracciones mineras, por la mina Dos Estrellas y se originaron por la demolición de cuarzo en 70%, calcita en 20% y otros en 10% (Bernal, 2002; Cortes, 1989).

4.7 **Clasificación del clima.** El clima de Tlalpujahua se clasifica en el siguiente tipo, con su fórmula correspondiente (Antaramían, s/f):

**Cwbkg.** Templado frío, húmedo, con estación invernal, caracterizado por la abundancia de vegetación del tipo caducifolio. La precipitación en el mes más lluvioso del verano es al menos, diez veces superior al mes más lluvioso del invierno. El verano es cálido y húmedo, mientras que el invierno es suave y ligeramente lluvioso.

- C.** Clima templado y húmedo, se denomina también mesotérmico. El mes más frío tiene temperatura media comprendida entre 18°C y -3°C y la media del mes más cálido supera los 10°C. Existen dos estaciones claramente diferenciadas, una estival y otra invernal.
- w.** Régimen de lluvias en verano y estación seca en invierno. La precipitación en el mes más lluvioso del verano es, al menos, diez veces superior al mes más lluvioso del invierno. La temperatura media anual es de 14°C, que define un subtipo de clima templado.
- b.** Temperatura media del mes más cálido inferior a 22°C, pero con temperaturas medias de al menos cuatro meses superiores a 10°C, que define un subtipo de clima templado.
- k.** Temperatura media anual inferior a 18°C y temperatura media mensual del mes más cálido mayor de 18°C, que define un subtipo de clima frío.
- g.** Temperatura media mensual más alta, anterior al solsticio de verano.

La temperatura media anual es de 13.7°C (Cabrera, 2003). Extremas 28 °C y -6 °C (SARH, 1971-1979) (Figura 7).

Los vientos dominantes soplan del noreste y corresponden a los alisios del hemisferio norte. En febrero y principios de marzo, es el periodo con más viento de la región de Tlalpujahua.

La precipitación promedio anual es de 950 mm, se concentra de principios de junio a finales de octubre (SARH, 1971-1979). La distribución espacial y estacional, es consecuencia de la circulación atmosférica y del movimiento anual de las celdas de presión. En casi toda la entidad los meses más secos son febrero y marzo y los más lluviosos de julio a septiembre; la lluvia en verano y otoño se debe a la invasión de masas de aire cálido y húmedo de tipo monzónico procedentes del mar y a los

ciclones tropicales (Cabrera, 2003). La distribución media en Tlalpujahua se debe a la influencia del relieve, a los vientos alisios y ciclones tropicales en verano y en parte del otoño, que determinan las ondas del Este; a las brisas marinas procedentes del Océano Pacífico y las invasiones de aire polar, así como a la convección local (Correa, 1979). Las heladas varían de 80 a 140 en el año y las granizadas se presentan con un máximo de ocho (INEGI, 1985) (Figura 8).

**4.8 Hidrografía.** El Municipio de Tlalpujahua se encuentra dentro de La Cuenca del Río Lerma y la subregión Río Tlalpujahua (Cabrera, 2003).

Por sus condiciones físicas, en Tlalpujahua se cuenta con un cierto número de manantiales, que topográficamente se ubican en las laderas de las montañas. Con relación a la geología, se manifiestan en terrenos con rocas de origen volcánico; las lluvias son fuente importante de la alimentación del agua subterránea y la vegetación de bosques, es protectora de los recursos hidrológicos (Cabrera *op. cit.*).

En el municipio se localizan dos ríos principales y varios arroyos, que se alimentan de escurrimientos, desagües de las minas y algunos manantiales de aguas frías. El río Tlalpujahua nace al Sureste de la población del mismo nombre, en el escurrimiento donde se forma la presa Brockman, entre Michoacán y el Estado de México, donde sirve de límite; sigue su curso por la mina "Victoria", pasando por la mina "Dos Estrellas", donde hay gran desagüe, continua paralelo a la carretera federal uniéndose al río "Marmajas", que nace en los escurrimientos del poblado de Santa María; este río recibe como afluente al río San Lorenzo, que nace en los escurrimientos de Santa Cruz y del desagüe de las minas "Santa Rosa " y "El Socorro". Ya unidos estos dos ríos, llegan a la planicie de Venta de Bravo, en el Municipio de Contepec, donde sus aguas son aprovechadas por los agricultores para el riego. Este río desemboca en el río Lerma en el Municipio de Maravatío (Archivo Municipal, 2004).

Las presas de la región son las denominadas Brockman, Victoria, Estanzuela, Masatetes y San Rafael (Archivo Municipal, 2004).

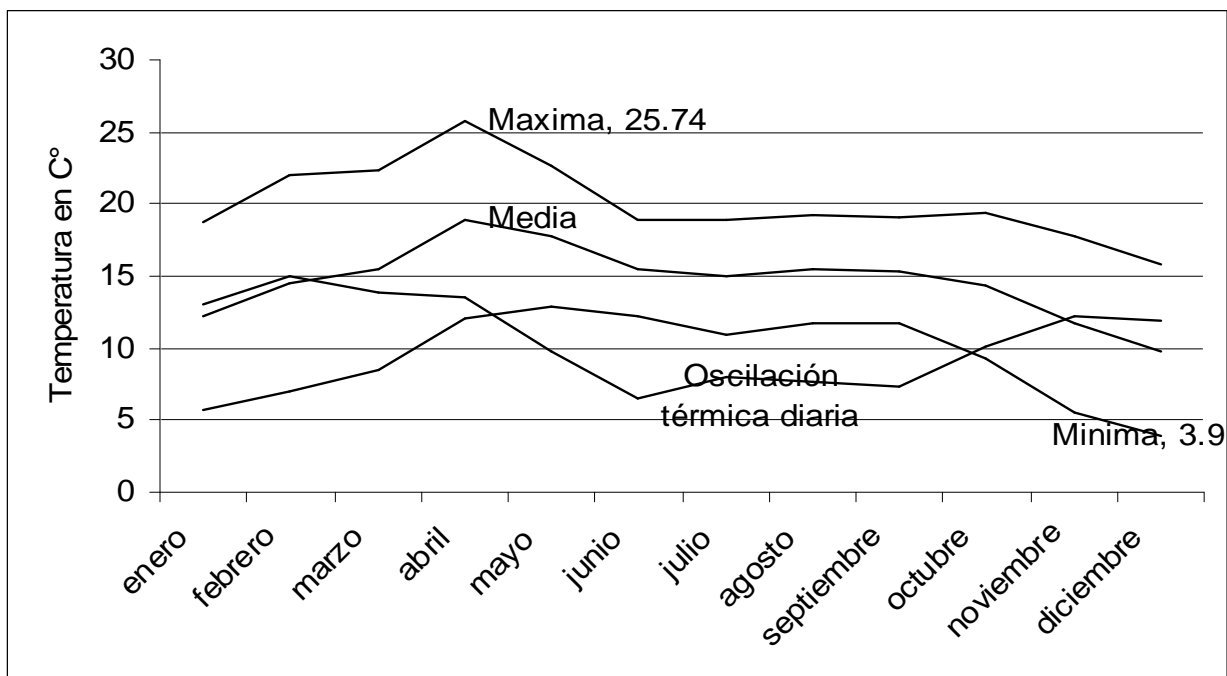


Figura 7. Temperaturas medias mensuales del 15 de enero del 2003 al 14 de enero del 2004. Las temperaturas registradas en este tiempo fueron además: Media anual de 14.66°C, extrema máxima de 27°C bajo techo, mínima extrema de -0.5°C bajo techo y mínima extrema de -3°C a la intemperie. La diferencia entre bajo techo e intemperie es de 0°C en días nublados a 4°C en invierno con días despejados, siendo de esta manera una temperatura media anual aproximada de 13.66°C. De acuerdo con Bello (1987), se tendrá una temperatura media anual de 13.8°C.

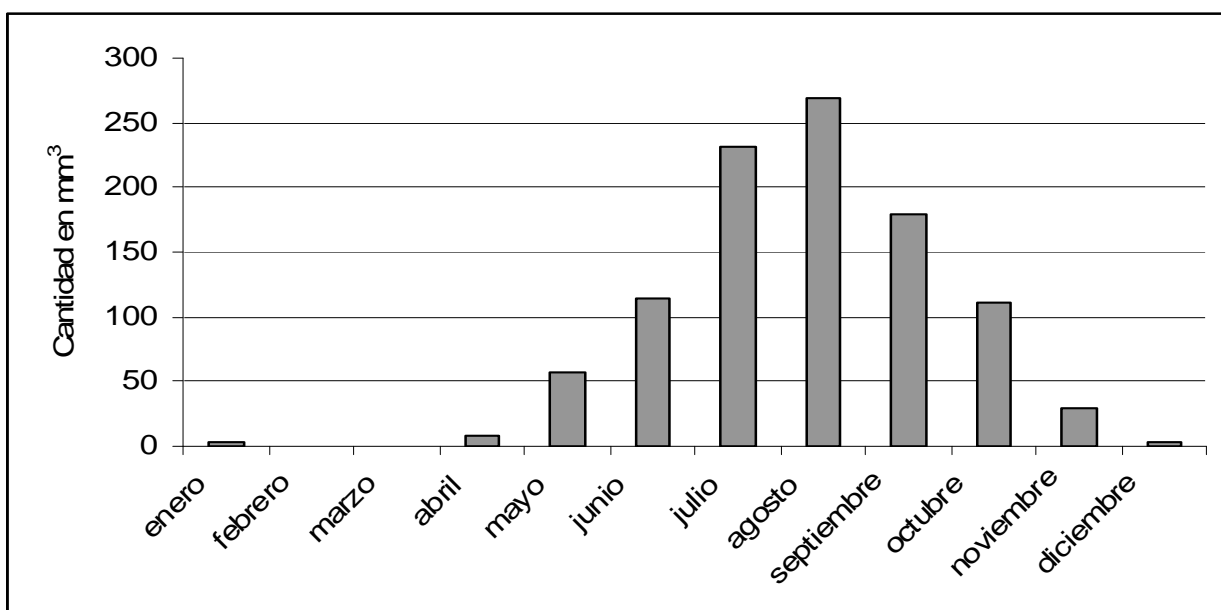


Figura 8. Distribución mensual de la precipitación en Tlalpujahua, Michoacán (México).

**4.9 Vegetación.** De acuerdo con Odum (1985), la vegetación de la localidad pertenece al Bioma de bosques de coníferas del norte. Más particularmente de acuerdo con Bello (1987), Madrigal Sánchez (1982, 1997) y con algunas observaciones del autor, se encuentran los siguientes tipos de vegetación:

4.9.1 Bosque de encino. En esta vegetación hay dominancia de *Quercus spp.* con altura de 5 a 15 m, con las especies *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. frutex*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*. Altitud donde se distribuye de 2500 a 3000 msnm. Con cierta frecuencia se encuentra en las partes más bajas de la sierra, limitando con los valles y puede pensarse que es una vegetación de ecotono o transicional, sin embargo, en ocasiones los bosques de *Pinus spp.* pueden, encontrarse más abajo aun y en lugares más secos. Debido al tamaño de los árboles, la madera sólo se usa para obtención de leña y carbón. Las localidades donde es más abundante esta vegetación, son las siguientes:

Cerro Somera. Esta elevación tiene una altura aproximada de 2650 msnm en su base a 2950 msnm en la cumbre; inicialmente estaba cubierto en 95% aproximadamente por *Quercus spp.* y el resto por *Juniperus deppeana*, pero hace unas cuantas décadas introdujeron *Pinus spp.* en la cumbre y *Cupressus lusitanica* Miller var. *lindleyi* en las cañadas y partes más bajas.

Cerros del sur y sureste de la Cabecera Municipal. Estos cerros están inmediatamente en los límites de la cabecera municipal, antes cubiertos en 90% por *Quercus spp.* Pero han sido sustituidas las especies nativas por arboles frutales, arboles ornamentales, *Cupressus lusitanica* var. *lindleyi* o *Pinus spp.* Y también ha habido cambio de uso del suelo.

4.9.2 Bosque de oyamel. La especie dominante es *Abies religiosa*, se desarrolla donde la humedad es relativamente alta todo el año, desde 2700 a 3500 msnm, también es representativa de la Cordillera Neovolcánica; se asocia con *Quercus spp.*, *Cupressus lusitanica* var. *lindleyi* y *Pinus spp.* o forma masas puras y densas de 20 a 40 m de altura. Los estratos arbustivo y herbáceo están poco desarrollados (Bello,

1987). A 2700 msnm en la Tenencia de Santa María, se encuentran los primeros ejemplares en su distribución altitudinal.

4.9.3 Bosque de cedro. Son las agrupaciones vegetales en la cuales domina la especie *Cupressus lusitanica* var. *lindleyi* y se asocia con *Quercus* spp. y *Pinus* spp. o forma masas puras y densas de 15 a 25 m de altura. Esta tan bien adaptada a la región que puede producir conos cuando apenas tiene 30 cm de altura. El fenotipo en la región es tan característico que parece otra especie, es posible que por lo menos sea un ecotipo regional. Cuando se presentó una severa sequía por *El Efecto del Niño*, que inició en marzo de 1997 y terminó a mediados de 1998, se secaron varios ejemplares de cedro plantados en suelos y exposiciones más secas de la región. En forma natural, se distribuye en las siguientes localidades de la región:

Tenencia Santa María. Donde forma algunas masas de bosque con 90% de dominancia. Estas masas están siendo rápidamente devastadas por el cambio de uso del suelo.

Tenencia La Estanzuela. Donde se asocia en relación de un 50% con *Pinus pseudostrobus* f. *protuberans*. Es un lugar relativamente más húmedo y de suelos poco más profundos.

Cañada baja de Los Balcones. Es un bosque artificial a partir de aproximadamente 30 ejemplares, los cuales se han reproducido. Esto indica la buena adaptación que tiene en Tlalpujahua en lugares húmedos y un poco más resguardados de la intemperie.

Salida a El Oro, Estado de México. Se observa como una especie que crece sin problemas en pendientes rocosas; prácticamente verticales, pero siempre y cuando tenga humedad.

Parque Nacional Rayón (Campo del Gallo). El bosque de este lugar es artificial y por haberse plantado en la cumbre, no está del todo bien adaptado, ya que la especie

crece mejor en cañadas húmedas y partes más bajas. Inicialmente este lugar estuvo poblado probablemente por *Quercus spp.*

4.9.4 Bosque de tázcate. Este bosque lo forma *Juniperus deppeana*, el cual es muy similar en apariencia a *Cupressus lusitanica* var. *lindleyi*, pero redondeado en la copa y de menor altura. En el estado de Michoacán Tlalpujahua es un municipio de los pocos donde se localiza esta especie. Crece aislado o en grupos, se asocia ocasionalmente con *Quercus spp.*, probablemente por la altura similar que alcanzan ambas especies. Su dispersión se observa que es por heces, depositadas posiblemente por algunos pequeños mamíferos. De la fauna silvestre, se han registrado: conejos, ardillas, ardillas voladoras, tuzas, ratones, varias especies de pequeñas aves y reptiles como el alicante (Vargas, 1984). Habrá que considerar el problema que representaría para *Juniperus deppeana*, el que algunos de esos pequeños mamíferos desaparezcan. En forma natural, se distribuye en los siguientes lugares de la región:

El Cerro Somera y el Cerro La Coló, donde se asocia con *Quercus spp.*

Lamas o Jales Mineros. Debido a la toxicidad de estas tierras, principalmente por metales pesados (Cortés, 1989), estaban completamente desprovistas de vegetación, poblándose inicialmente sólo por algunos zacates herbáceos, arbustos y como única especie arbórea *Juniperus deppeana*, razón por la cual se señala su tolerancia a suelos contaminados por metales pesados y posiblemente algunas sales. Por su tamaño quizás no tenga importancia forestal, pero sí puede utilizarse como ornamental y por supuesto la importancia ecológica.

4.9.5 Bosque de pino-encino. Los árboles dominantes son *Pinus spp.* y *Quercus spp.*, que consiste de pequeños bosquecillos.

4.9.6 Bosque de pino. Son bosques de 12 a 25 m de altura, cerrados o semiabiertos, en donde el estrato superior de pino es siempre verde. Puede existir un estrato arbóreo bajo de *Quercus spp.* principalmente. Las especies de pinos que se encuentran en la región son:



*Pinus pseudostrobus f. protuberans*, en la Tenencia La Estanzuela, donde se asocia en proporción de 50% con *Cupressus lusitanica* var. *lindleyi*; es un lugar relativamente más húmedo y de suelos poco más profundos.

*Pinus teocote* se localiza en el cerro por arriba de lo que fue Fomento Minero, el suelo está poco desarrollado y el terreno tiene pendiente muy pronunciada, es pedregoso y relativamente seco. El hecho de que esta especie se desarrolle ahí, indica su buena adaptación a tales condiciones; también se localiza en La Tenencia San José de Guadalupe, localidad donde esta especie se desarrolla ampliamente y donde se asocia en 50% con *Pinus pseudostrobus f. protuberans*.

*Pinus leiophylla*. En el municipio de Tlalpujahua es escaso, no forma bosques puros y se localiza solo en las partes más bajas.

4.9.7 Existe un bosque artificial de *Pinus patula*, de aproximadamente 40 años y que se localiza a un lado de la carretera Tlalpujahua -El Oro, en la localidad denominada "El Tapón". No pudo adaptarse bien a ese suelo, por lo que a veces son derribados por el viento.

4.9.8 También existe un bosque artificial de *Eucalyptus globulus*, de aproximadamente 30 años en la misma localidad anterior. El cual es un claro ejemplo de la inconveniencia de usar esta especie para poblar zonas montañosas, pues en el lugar hay continuos deslaves por pérdida de suelo.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 En vivero

5.1.1 El tiempo en que *Pinus pinea* germinó se estableció por días y se hizo la comparación con otras especies de coníferas. De acuerdo con País (2006), se hicieron los siguientes tratamientos:

**Lote N** (natural). La semilla sembrada se mantuvo del 15 de diciembre del 2003 al 30 de enero del 2004, al aire libre y bajo techo.

**Lote R** (remojo). La semilla sembrada, previamente se escarificó mediante remojo por inmersión en una lámina de agua de 2 cm durante 12 horas.

**Lote E** (escarificación). La semilla sembrada tuvo una escarificación fría (en refrigerador), entre 0 y 4°C durante seis semanas.

**Lote ER** (escarificación y remojo). La semilla sembrada tuvo una escarificación fría en refrigerador entre 0 y 4°C por seis semanas y tuvo también antes de sembrarse, una escarificación de remojo por inmersión en una lámina de agua de 2 cm durante 12 horas.

**Lote EM** (escarificación mecánica). La semilla sembrada tuvo una escarificación mecánica, para remover la testa. El tratamiento pregerminativo de *Pinus pinea* inicial, consistió en quitar la testa abriéndola cuidadosamente con un destornillador romo entre la ranura de las dos partes de la testa, en ocasiones golpeando ligeramente para abrirla (Figuras 12 y 13).

5.1.2 Sobrevivencia. Se cuantificó en porcentaje sobre el total de ejemplares.

### 5.1.3 Tratamiento en vivero

*Pinus pinea* se sembró a 1.5 cm de profundidad, recomendación de la empresa de donde se adquirió la semilla (BOUTIQUE VILMORIN). Lo mismo se hizo con las demás especies.



Figura 12. A la izquierda piñones más claros de *Pinus pinea* (especie europea), que alcanzan hasta 2.5 cm de largo, están constituidos por dos cubiertas a la manera del pistache, de color castaño claro y a la derecha piñones más oscuros de *Pinus cembroides* (la especie mexicana más representativa).



Figura 13. Los piñones blancos con cutícula son de *Pinus pinea* (especie europea) y la semilla sin testa es de color marfil, los piñones sin cutícula más oscuros y de color rosa son de *Pinus cembroides* (la especie mexicana más representativa).

Contenedor inicial. Preferentemente de un litro, el suelo con buen drenaje, recomendación de la empresa de donde se adquirió (BOUTIQUE VILMORIN).

Riego. Se mantuvo una humedad constante pero sin exceso, de dos riegos por semana en el periodo de secas y una vez por semana en el periodo de lluvias. La cantidad fue de 500 ml por contenedor (Bachiller, 1999).

Inoculación. Una vez que se inició el crecimiento en las plantas, se les agregaron aproximadamente unos 25 g de "suelo de monte", imprescindible para la formación de micorrizas, que son asociaciones simbióticas de la epidermis y la corteza radical con hongos del suelo (Moreno, 1984).

Cambio de contenedor. Cuando las plantas de pinos alcanzaron alrededor de 10 cm de altura, se cambiaron a un contenedor más grande de 5 litros, para no limitar el crecimiento de la raíz, ni del resto de la planta y conservar mejor la humedad, especialmente en tiempo de secas. Al trasplantar se procuró que no se desmoronara el terrón, para evitar que la raíz quedara al descubierto.

5.1.4 Formación de lotes de *Pinus pinea*. Se establecieron cinco lotes de aproximadamente 20 ejemplares, que se ubicaron alrededor de un corredor en el interior de una casa, el lado expuesto se cubrió con plástico de invernadero, para que factores como granizo, lluvia, viento o aves no alteraran los resultados y el plástico sólo cubría alrededor del 50% para evitar que las temperaturas salieran de lo normal (Figura 11).

La irradiación solar directa se limitó adecuadamente para inducir mayor incremento en altura (Bidwell, 1979) y evitar la desecación rápida del suelo en los contenedores.

Las observaciones y mediciones se hicieron el 15 de cada mes, a partir del 15 de enero del 2003 al 14 de enero del 2004.



Figura 11. Distribución de los lotes de ensayo de la especie *Pinus pinea*.

**Lote A.** Formado por 24 ejemplares, con edad de 19 meses, altura media de 23.93 cm, un ejemplar más alto de 36.5 cm, un ejemplar más bajo de 19.0 cm. Estas plantas se ubicaron en el corredor con vista hacia el noreste y por la mañana cuando los meses no eran nublados, se tuvo una irradiación solar directa diaria de 3:00 a 4:30 horas de duración.

**Lote B.** Formado por 16 ejemplares, con edad de 3 meses, altura media de de 8.36 cm, un ejemplar más alto de 10.5 cm, un ejemplar más bajo de 6.0 cm. Estas plantas se ubicaron en el corredor con vista hacia el noreste y por la mañana cuando los meses no eran nublados, se tuvo una irradiación solar directa diaria de 3:00 a 4:30 horas de duración.

**Lote C.** Formado por 20 ejemplares, con edad de 19 meses, altura media de 26.91 cm, un ejemplar mas alto de 31.0 cm, un ejemplar más bajo de 24 cm. Estas plantas se ubicaron en el corredor con vista hacia el suroeste y por las tarde cuando los meses no eran nublados, se tuvo una irradiación solar directa diaria de 4:25 a 4:45 horas de duración.

**Lote D.** Formado por 25 ejemplares, con una edad de 3 meses, altura media de de 10.43 cm, un ejemplar mas alto de 13.0 cm, un ejemplar más bajo de 6.5 cm. Estas plantas se ubicaron en el corredor con vista hacia el suroeste y por las tarde cuando los meses no eran nublados, se tuvo una irradiación solar directa diaria de 4:25 a 4:45 horas de duración.

**Lote E.** Formado por 21 ejemplares, con edad de 3 meses. Estas plantas se ubicaron en el corredor con vista hacia el noreste y por la mañana cuando los meses no eran nublados, se tuvo una irradiación solar directa diaria de 3:00 a 4:30 horas de duración.

A cada planta de este lote se le aplicaron de 10 a 15 gramos de fertilizante, de composición similar al recomendado por Bachiller (1999), denominado Nitrofoska 12+12+17(S)+2, con las siguientes proporciones:

12% N Nitrógeno total (6.5% amoniacal y 5.5% nítrico).

12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Anhídrido Fosfórico soluble en agua y en Citrato Amónico 6% soluble en agua.

17% K<sub>2</sub>O Oxido de Potasio procedente de Sulfato soluble en agua.

2% MgO Oxido de Magnesio soluble en agua.

15% SO<sub>3</sub> Anhídrido Sulfúrico soluble en agua.

0.2% Fe Hierro.

0.02% B Boro.

0.01 Zn Zinc.

Contiene además Calcio, Cobre y Molibdeno.

Luego se comparó con respecto a un lote sin fertilizar, para estimar el incremento en altura anual al usar fertilizante.

5.1.5 Lotes de otras coníferas exóticas. En cuanto al suelo, contenedor inicial, ubicación, irradiación solar directa, profundidad de plantación, riego e inoculación fueron tratadas como en el lote A de *Pinus pinea*.

5.1.6 Las características morfológicas de la copa, tronco, corteza y radícula se compararon con las de *Pinus pinea* de su lugar de origen.

5.1.7 El tiempo en que aparecieron las hojas adultas y las yemas terminales, se cuantificó por meses.

5.1.8 Para estimar el efecto en el desarrollo y los mecanismos medidores de tiempo, se observara su ritmo de incremento en altura durante el año en vivero parcial. Esto verificando si aun trasplantada esta especie, presenta la misma conducta que en su lugar de origen, en virtud de que el desarrollo y los mecanismos medidores de tiempo están adaptados al área de procedencia de la misma.

5.1.9 Para conocer las condiciones ambientales autoecológicas más favorables en cuanto a temperaturas, se hizo un registro diario en un lugar abierto, bajo techo y a la sombra, en las condiciones en que se encontraban los ejemplares de *Pinus pinea*, denominado "vivero parcial", porque tenía un plástico que sólo cubría alrededor del 50% para evitar que las temperaturas variaran de lo normal (Figura 11).

La lectura de la temperatura mínima se hacía unos instantes antes de la salida del sol, la máxima alrededor de las 15 horas. De esta manera, para cada lapso de tiempo se obtuvo una media de la temperatura mínima y una media de la temperatura máxima, con las cuales se determinó la temperatura media en ese lapso de tiempo (Figura 7).

Así, se tuvieron los elementos para establecer las correlaciones entre el incremento de altura y las temperaturas media mínima, media, media máxima y la

oscilación media térmica diaria, observándose además un punto de mayor crecimiento que indicó la temperatura óptima.

5.1.10 Los incrementos en altura se midieron mensualmente durante el año en el vivero, observándose mediante una marca de pintura ubicada donde se encuentran los cotiledones y una vez que estos se desprendieron.

Los incrementos en altura se calcularon en milímetros por día, ya que así se puede ajustar exactamente el período de tiempo a los días que corresponden a un mes, que es variable. De lo contrario febrero (28) y marzo (31) serían analizados como dos períodos de tiempo idénticos, siendo que el segundo es 3 días (10 %) más prolongado que febrero. También se pueden expresar en centímetros por mes, aunque la tendencia de la gráfica será poco menos precisa.

## 5.2 Plantación

5.2.1 Para conocer las condiciones ambientales más favorables en campo para *Pinus pinea*, se midieron las siguientes variables:

- a. La sobrevivencia en porcentaje y el crecimiento en los suelos de tipo luvisol, andosol y lamas o jales mineros de la región.

Se plantaron en los lugares definitivos, con tamaño preferentemente de 30 a 90 cm de altura, como se ha recomendado (Plants At GardenBed, 2004; Plants For A Future, 2006).

Se homogeneizó el suelo superficial para la uniformidad en la infiltración del agua, para que hubiera buen desagüe en la superficie y menor pérdida de humedad. Se aplicó fertilización en una sola dosis de 15 g por planta, de composición 12+12+17+2 llamado "Nitrofosca", en forma granulada debajo del sistema radical en el momento de la plantación, en forma similar a lo recomendado por Bachiller (1999), de composición 9-13-18+3MgO+Fe.

- b. Requerimientos y reacción en cuanto a la cantidad y distribución de la precipitación pluvial. Se hizo la plantación entre la última semana de mayo y la



primera semana de junio, con el propósito de que el árbol tuviera el total de la temporada de lluvias y se arraigara mejor al suelo.

c. Requerimientos en cuanto a la irradiación solar .

Se procuró una ubicación conveniente con espaciamiento de 10X10 m entre cada planta, (Coscoja, 1998; PNGA, 1999), cerca de otros pinos de la misma especie, debido a que la planta no se autopoliniza (Plants For A Future, 2006).

### 5.2.2 Estimación del incremento en altura en campo.

Se midió la altura inicial y pasado el año de plantación, se midieron los árboles en los lugares donde se plantaron; la diferencia corresponde al incremento anual en campo.

5.2.3 Comparación de la adaptación de *Pinus pinea* con algunas especies exóticas de coníferas y dos especies nativas. Se determinó una vez que se tuvieron los datos y resultados que permitieron hacer el análisis. Las categorías se hicieron con apreciación visual de la siguiente manera:

*Excelente*. Cuando la planta resiste perfectamente y no sufre daño visible.

*Alta*. Cuando la planta sufre sólo ligeros daños, visibles.

*Media*. Cuando la planta sufre daños, pero puede sobrevivir.

*Baja*. Cuando la planta sufre daños físicos graves e incluso puede morir.

**5.3 Recomendaciones pertinentes para su cultivo.** Se hicieron en base a las observaciones de vivero, campo y los antecedentes.

**Cuadro 1. Método**

<b>Lotes de Experimentación</b>	<i>Pinus pinea</i> <b>elemento testigo</b> en su lugar de origen (Región circun-mediterránea).	<i>Pinus pinea</i> <b>trasplantado</b> en Tlalpujahua.	Especies de coníferas <b>nativas y otras exóticas</b> , introducidas en Tlalpujahua.
<b>Comparación de:</b>	Las características fenotípicas manifestadas en su lugar de origen.	Las características fenotípicas que se determinaron en Tlalpujahua: a. Tiempo y condiciones de germinación. b. La conducta de desarrollo en incremento de altura, su correlación con las temperaturas, aparición de hojas adultas y yema apical. c. Morfología de copa, tronco, corteza y radícula. d. Reacciones a la precipitación, granizo, heladas, sequía y suelos.	Las características fenotípicas que manifiestan en Tlalpujahua.

El trasplante es un método que se emplea para realizar estudios de autecología y ecología fisiológica (Colinvaux, 1982; Krebs, 1985).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**6.1 Germinación.** Se consiguió con éxito no menos del 80% (Cuadro 2) y se ha presentado desde finales de febrero a finales octubre. Pero es más rápida la germinación en el periodo de lluvias, probablemente por la humedad del medio ambiente y la cercanía a una temperatura óptima de germinación, comprobándose así que la temperatura óptima de germinación es entre 17°C a 25 °C (Cuadro 3) (Figura 7) y que el medio no debe ser demasiado húmedo, lo cual coincide con Bachiller (1999) y PNGA (1999). Comprende de 12 a 30 días en condiciones naturales y según la época del año, aunque es más rápida a inicios de verano (Figura 14). El hongo micorrícico inocula naturalmente en la región.



Figura 14. Plántula de *Pinus pinea* entre 10 y 15 días después de haber germinado (BIOECO, 2006).

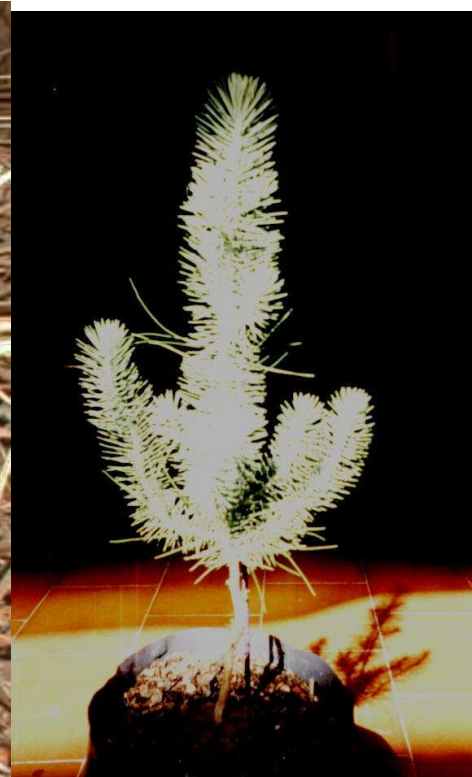


Figura 15. Aparición de las primeras hojas adultas (secundarias).

**Cuadro 2. Germinación de *Pinus pinea* en comparación con especies de coníferas nativas y exóticas en la localidad de Tlalpujahua, Mich. México.**

**N.** Lote en el que las semillas sembradas se mantuvieron del 15 de diciembre del 2003 al 30 de enero del 2004 en el exterior de la casa y bajo techo. Esto es una estratificación fría natural en Tlalpujahua, fuera de eso no tuvo ningún tratamiento previo.

**R.** Lote en el que las semillas sembradas tuvieron antes de sembrarse una escarificación de remojo por inmersión, en 2 cm en agua por 12 horas.

**E.** Lote en el que las semillas sembradas tuvieron una escarificación fría en un refrigerador, entre 0 a 4°C por seis semanas.

**ER.** Lote en el que las semillas sembradas tuvieron una escarificación fría en un refrigerador, entre 0 a 4°C por seis semanas y tuvieron también antes de sembrarse una escarificación de remojo por inmersión, en 2 cm de agua durante 12 horas.

**EM.** Lote en el que las semillas sembradas tuvieron una escarificación mecánica, para remover la testa. El tratamiento pregerminativo de *Pinus pinea* inicial consistió en quitar la testa abriéndola con un pequeño destornillador plano y romo, sin dañar el embrión. Cuando no existía la ranura, se puso la semilla en un hueco metálico de 2 mm menos que el tamaño de la semilla, se golpeo con mucho cuidado usando un martillo y una vez hecha una ranura se abrió con el pequeño destornillador plano y romo.

**P.** Prueba de germinación con algodón húmedo en una caja de Petri a 20 °C.

<b>Especie</b>	<b>N</b>	<b>N con EM</b>	<b>R</b>	<b>E</b>	<b>E con EM</b>	<b>ER</b>	<b>EM</b>	<b>P</b>
<i>Abies grandis</i> (Douglas ex D. Don) Lindley 1833	0 %	Sin dato.	Sin dato.	0 %	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	0 %
<i>Abies magnifica</i> A. Murray 1863	20 %	Sin dato.	Sin dato.	0 %	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	60 %
<i>Cupressus lusitanica</i> Miller 1768 var. <i>lindleyi</i> (Endl.) Carr. 1867	60 %	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	80%
<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss 1907	0.5 %	Sin dato.	0 %	0 %	Sin dato.	0 %	Sin dato.	51%

<i>Picea mariana</i> (Miller) Britton Sterns, & Poggenburg 1888	60 %	Sin dato.	40 %	65 %	Sin dato.	40 %	Sin dato.	73%
<i>Picea omorika</i> (Panèiæ) Purkyne 1877	80 %	Sin dato.	80 %	60 %	Sin dato.	40 %	Sin dato.	80%
<i>Picea sitchensis</i> (Bongard) Carrière 1855	20 %	Sin dato.	0 %	0 %	Sin dato.	0 %	Sin dato.	44%
<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenberg ex Schlechtendahl 1838	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus cembroides</i> Zuccarini 1832	50%	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	50%	60%
<i>Pinus densiflora</i> Siebold et Zuccarini 1842	40 %	Sin dato.	60 %	40 %	Sin dato.	40%	Sin dato.	80%
<i>Pinus douglasiana</i> Martínez 1943	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus flexilis</i> E. James 1823	0 %	Sin dato.	0 %	0 %	Sin dato.	0 %	Sin dato.	0 %
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert 1978	85%	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	90%
<i>Pinus koraiensis</i> Siebold et Zucc. 1842	Sin dato.	0 %	Sin dato.	Sin dato.	0 %	Sin dato.	Sin dato.	0 %
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski 1964	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus mugo</i> Turra 1765 var. <i>pumilio</i> (Haenke) Zenari	0 %	Sin dato.	40 %	20 %	Sin dato.	20 %	Sin dato.	50%

<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold 1785 Var. <i>marítima</i>	100 %	Sin dato.	80 %	60 %	Sin dato.	80 %	Sin dato.	100%
<i>Pinus pinceana</i> Gordon 1858	50%	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	50%	60%
<i>Pinus pinea</i> Linnaeus 1753	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	80 a 90%	90%
<i>Pinus ponderosa</i> Douglas ex Lawson & C. Lawson 1836	0%	Sin dato.	20%	0%	Sin dato.	0%	Sin dato.	100%
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindley 1839	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus rigida</i> Miller 1768	0%	Sin dato.	40%	40%	Sin dato.	60%	Sin dato.	60%
<i>Pinus sylvestris</i> Linnaeus 1753	80 %	Sin dato.	80 %	60 %	Sin dato.	60 %	Sin dato.	80%

**6.2 Sobrevivencia de *Pinus pinea* en mayor altitud.** El 100% de las plantas sobrevive de 2650 a 2900 msnm (Cuadro 4). La especie desarrolla bien, no obstante que otros estudios (Coscoja, 1998; Earle, 2005; La web del árbol, 2006) indican un rango máximo de 1000 msnm para la especie. Es posible que por su capacidad de resistencia a la sequía, pueda absorber mejor el CO<sub>2</sub> a mayor altitud, por su epidermis gruesa filtre mejor la mayor cantidad de la nociva luz ultravioleta y también es posible que por esta condición xerófita, soporten mayor irradiación solar que ocasiona más calentamiento de la planta y suelo (Bidwell, 1979). En la región circunmediterránea recibe 82% de irradiación solar, con respecto al ecuador; en Tlalpujahua se recibe 92%, esto es un 10% más aproximadamente y la especie la tolera.

### **6.3 Características morfológicas de la copa, tallo, corteza y radícula comparadas con las de su lugar de origen.**

**Copa.** Es cónica hasta los tres años con seis meses, con altura de la planta de 100 cm. Es similar a la copa de *Abies religiosa* y *Pinus radiata* adultos, lo que coincide con La web del árbol (2006) (Figuras 15 y 16).

**Tallo.** Es recto, robusto y grueso, lo que coincide con Sánchez (2006) (Figura16).

**Corteza.** Es sana y de color grisáceo, común a las especies nativas, coincide con La web del árbol (2006) (Figura16).

**Radícula.** Es una raíz principal y abundantes secundarias, coincide con La web del árbol (2006).



Figura 16. *P. pinea* en un prado de la Plaza Central de Tlalpujahuá, fecha 27/09/05.

**Cuadro 3. Tiempo de germinación de *Pinus pinea* en comparación con especies de coníferas nativas y exóticas en la localidad de Tlalpujahua, Mich. México.**

<b>Especie</b>	<b>Tiempo de germinación en caja de Petri a 20 °C</b>	<b>Tiempo de germinación en tierra a temperatura ambiente</b>
<i>Abies grandis</i> (Douglas ex D. Don) Lindley	Sin dato.	Sin dato.
<i>Abies magnifica</i> A. Murray	20 días	Ocho semanas sembrando el 8 de febrero. Parece necesitar más humedad y mayor temperatura.
<i>Abies religiosa</i> (Kunth.) Schlttdl. et Cham.	Sin dato.	Sin dato.
<i>Cupressus lusitanica</i> Miller var. <i>lindleyi</i> (Endl.) Carr.	9 días	Cuatro semanas sembrando el 13 de marzo.
<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	6 días	Ocho semanas sembrando el 8 de febrero.
<i>Picea mariana</i> (Miller) Britton Sterns, & Poggenburg	5 días	Cinco semanas sembrando el 8 de febrero.
<i>Picea omorika</i> (Panèiæ) Purkyne	5 días	Cinco semanas sembrando el 8 de febrero. Y dos semanas sembrando el 16 de marzo.
<i>Picea sitchensis</i> (Bongard) Carrière	5 días	Seis semanas sembrando el 8 de febrero.
<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenberg et ex Schlechtendahl	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus cembroides</i> Zuccarini	5 días	Tres semanas sembrando el 8 de junio.
<i>Pinus densiflora</i> Siebold et Zuccarini	5 días	Seis semanas sembrando el 8 de febrero. Y cuatro semanas sembrando el 19 de marzo.
<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus flexilis</i> E. James	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	10 días	Dos semanas sembrando el 8 de agosto.
<i>Pinus koraiensis</i> Siebold et Zucc.	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus mugo</i> Turra var. <i>pumilio</i> (Haenke) Zenari	5 días	Seis semanas sembrando el 8 de febrero.
<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold var. <i>marítima</i>	5 días	Cinco semanas sembrando el 8 de febrero. Y dos semanas sembrando el 15 de marzo.



<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schlechtendahl & Chamisso	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus pinceana</i> Gordon	5 días	Tres semanas sembrando el 8 de junio.
<i>Pinus pinea</i> Linnaeus	6 días	Tres semanas sembrando el 8 de marzo. Y dos semanas sembrando el 8 de junio.
<i>Pinus ponderosa</i> Douglas ex Lawson & C. Lawson	9 días	Cinco semanas sembrando el 8 de febrero. Parece necesitar mayor temperatura
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindley	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus radiata</i> D. Don	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus rigida</i> Miller	14 días	Cinco semanas sembrando el 8 de febrero. Y tres semanas sembrando 23 de marzo.
<i>Pinus sylvestris</i> Linnaeus	14 días	Cinco semanas sembrando el 8 de febrero. Y tres semanas sembrando el 13 de marzo.

**6.4 Estimación del tiempo de aparición de hojas adultas y las yemas terminales.** Los cotiledones forman un ramillete comúnmente de 11 hojas, mínimo de 9 y máximo de 15, comúnmente de 5.0 cm de longitud, pero con mínimo de 3.5 cm a máximo de 6.0 cm, tienen un milímetro de grueso y forma de espada con el filo hacia arriba, un poco curvas. El ramillete a los 8 días aproximadamente, forma un tipo de paraguas invertido, para luego en su centro dar origen al tallo con las hojas juveniles (Figura 14).

Tanto las hojas cotiledonares como las juveniles, son de color glauco azulado. Las hojas juveniles miden de 1.5 cm a 4.0 cm de largo, continúan saliendo a los tres años, mezcladas con las primeras hojas adultas, que son de color verde oscuro, aciculares, de 2 mm de ancho por 10 cm de largo y en fascículos de dos hojas (secundarias) con vaina persistente.

Con elevada irradiación solar, antes de alcanzar los 30 cm de altura, se puede reducir el tamaño de las hojas a 1.5 cm con respecto a la menor irradiación solar directa, cuando alcanzan 4 cm. Sin embargo, después de los 30 cm de altura, ya no se reduce significativamente el tamaño.

Las hojas adultas aparecieron entre los dos y los tres años en la planta, lo cual coincide con los resultados de otro estudio (Earle, 2005) (Figura 15 y 16). Y al año siguiente continúa con la producción de las yemas, entre los tres y cuatro años (Figura 17).



Figura 17. Producción de la yema apical, de *Pinus pinea*.

**6.5 Incrementos en altura.** Es un aspecto muy significativo y uno de los principales indicadores de adaptación; fue un incremento de 23.5 cm hasta 40 cm a la edad de un año en vivero y en el campo es similar, por lo que se considera excelente si se compara con la referencia de España (Bachiller, 1999), que en la etapa juvenil es de una media que varía entre 21 a 25 cm y 29 a 31 cm cuando es fertilizado.

En Tlalpujahuá la especie se comporta de manera euritérmica y también se correlaciona con la insolación, pues es en diciembre cuando crece menos (Figuras 18 a 22).

Considérese que el crecimiento puede variar con la edad de las plantas, por ejemplo es así que algunas especies como *Pinus densiflora* no incrementa su altura

igualmente en el primer año de edad comparado con el segundo año, o con el tercer año (Cuadro 5).

Se puede desplazar la curva del ritmo de crecimiento moderadamente si no tiene la humedad suficiente en ese momento, es el caso del lote B con respecto al lote A, en el que además se reduce el mismo incremento en altura (Figura 22). Esto fue probablemente porque las plantas del lote A por ser mayores, tenían un contenedor de mayor tamaño que las plantas del lote B que eran menores y es normal que un mayor contenedor almacene más cantidad de agua.

Observando el crecimiento individual de cada planta y utilizando como criterio las diferencias del mismo lote, se observó lo siguiente:

- Aproximadamente 18% incrementaban notablemente más su altura y se podría decir que tuvieron una adaptación *Excelente*. Estas plantas que crecieron más en vivero así lo continuaron haciendo en campo, comprobándose así la influencia genética de las mismas (Bachiller, 1999).
- Aproximadamente 60% incrementaban bien su altura y se podría decir que tuvieron una adaptación *Alta*.
- Aproximadamente 20% incrementaban regularmente su altura y se podría decir que tuvieron una adaptación *Baja*.
- Aproximadamente 2% casi no incrementaban su altura y se podría decir que *no se adaptaron*.

**6.6 Incrementos en altura con el uso de fertilizante.** Se registró una media de 316 mm, que alcanza hasta 400 mm. Se obtuvo un buen resultado con 10 a 15 gramos de fertilizante, de composición similar al indicado por Bachiller (1999) llamado Nitrofoska 12+12+17(S)+2 (Figura 24).

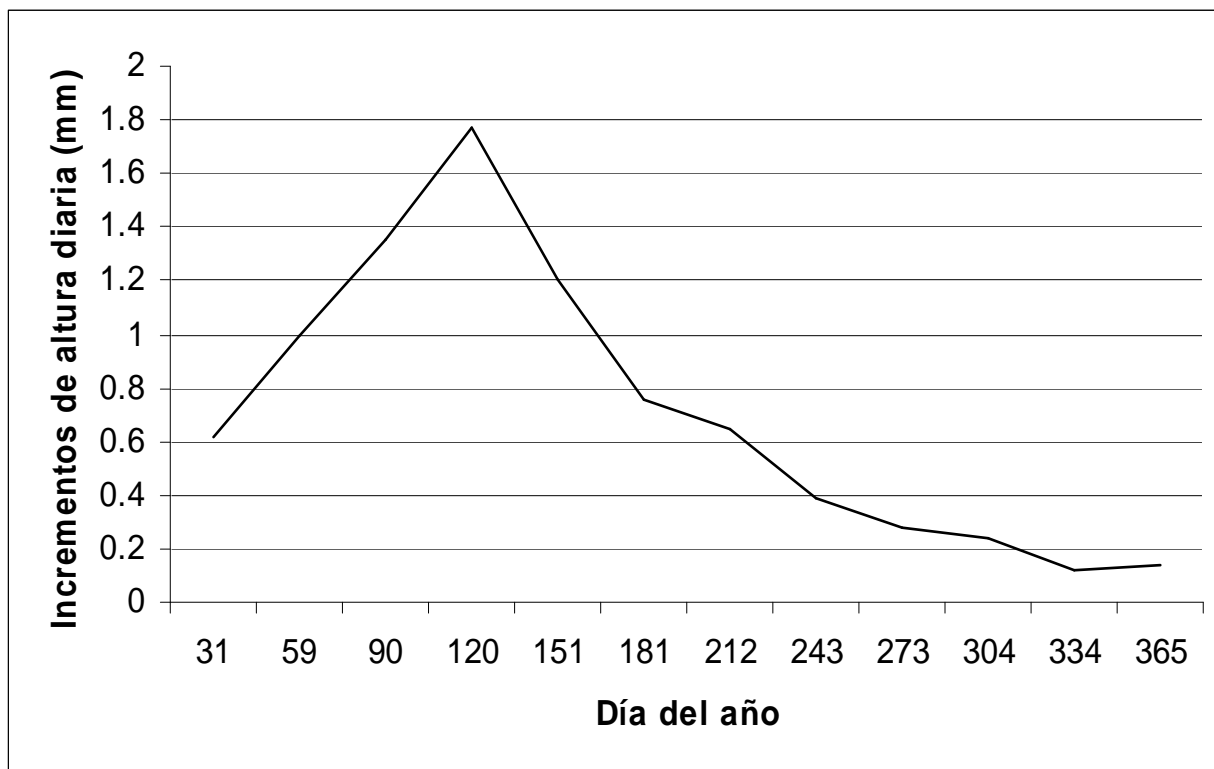


Figura 18. Lote A. Incrementos en altura de *Pinus pinea* con edad de 19 meses y de 3:00 a 4:30 h de irradiación solar directa en la mañana. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004.



Figura 19. Lote B. Incrementos en altura de *Pinus pinea* con edad de 3 meses y de 3:00 a 4:30 h de irradiación solar directa en la mañana. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004.

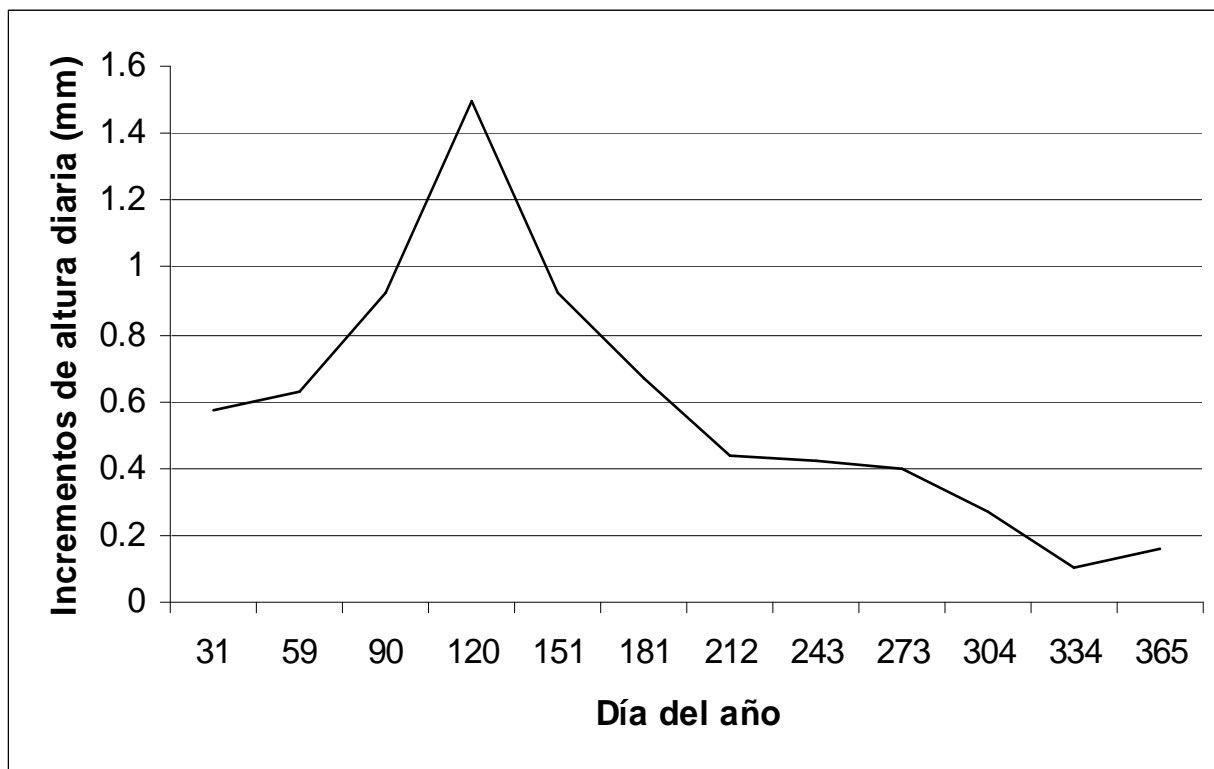


Figura 20. Lote C. Incrementos en altura de *Pinus pinea* con edad de 19 meses y de 4:25 a 4:45 h de irradiación solar directa en la tarde. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004.



Figura 21. Lote D. Incrementos en altura de *Pinus pinea* con edad de 3 meses y de 4:25 a 4:45 h de irradiación solar directa en la tarde. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004.

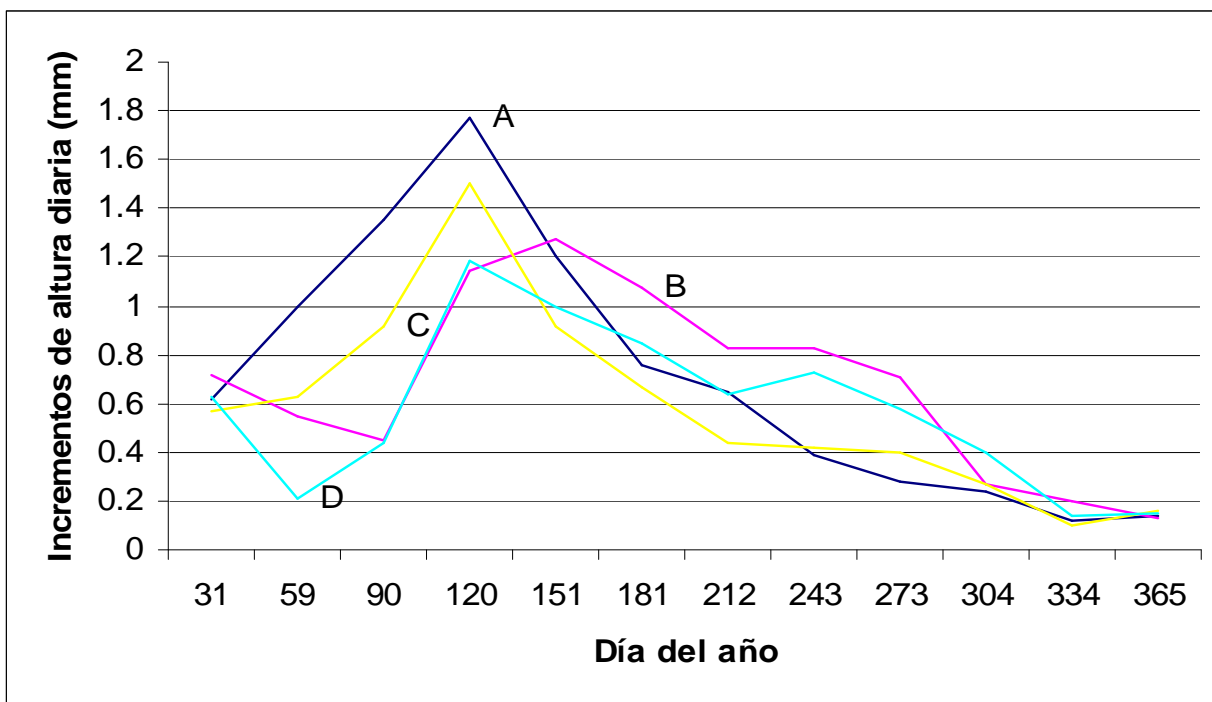


Figura 22. Lotes A, B, C y D con los correspondientes incrementos en altura de *Pinus pinea*. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004. La temporada de crecimiento significativa es del día 45 (mediados de febrero) al día 200 (mediados de julio). Pero su máximo incremento de altura se presenta aproximadamente entre el día 80 (marzo) y el día 180 (junio).

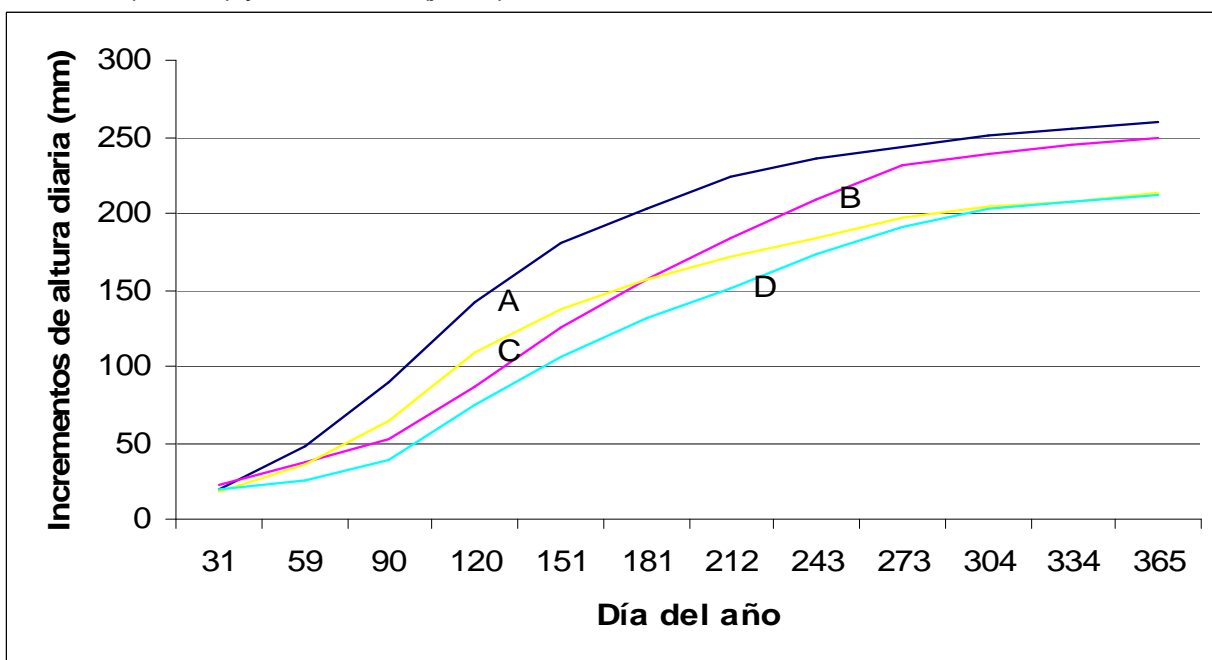


Figura 23. Lotes A, B, C y D de *Pinus pinea* con los correspondientes incrementos en altura acumulados. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004. Su máximo incremento en altura se presenta aproximadamente entre el día 80 (marzo) y el día 180 (junio).

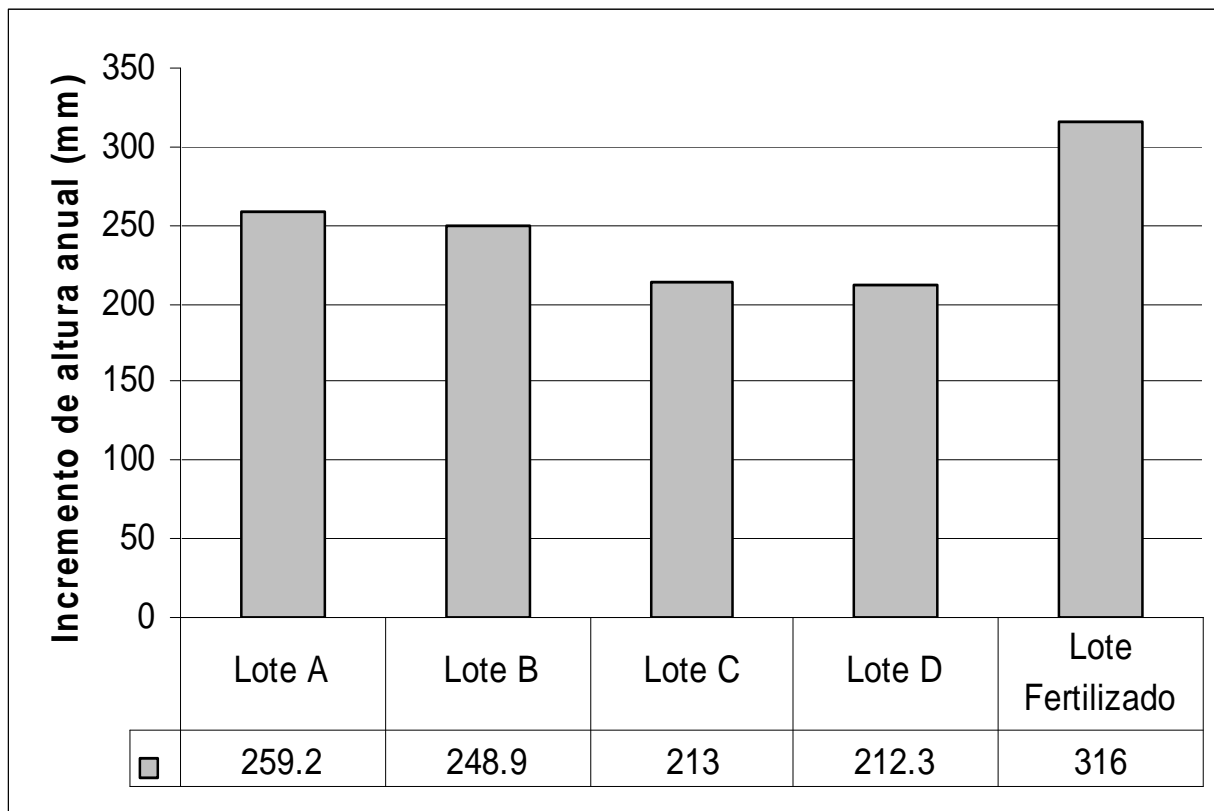


Figura 24. Medias de incrementos en altura de *Pinus pinea* en los lotes A, B, C, D y un lote fertilizado.

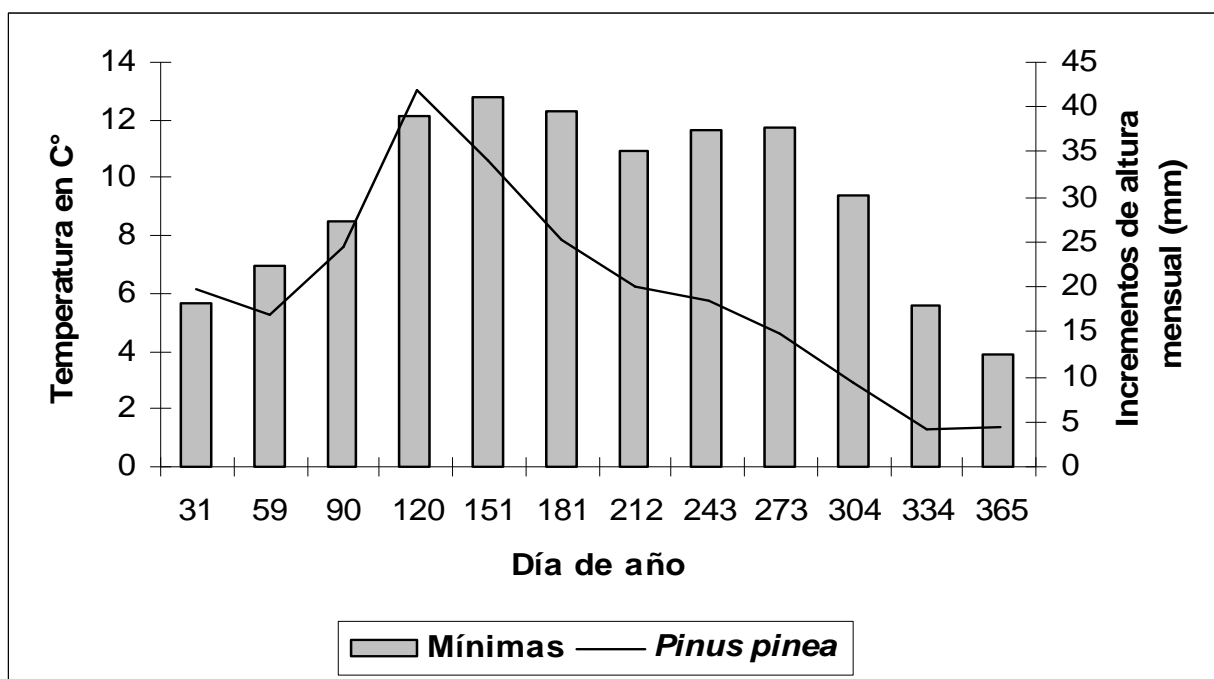


Figura 25. Correlación entre las temperaturas mínimas y la media de incrementos en altura de *Pinus pinea*. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004. Existe una clara correlación entre el día 59 (febrero) y el día 120 (abril).

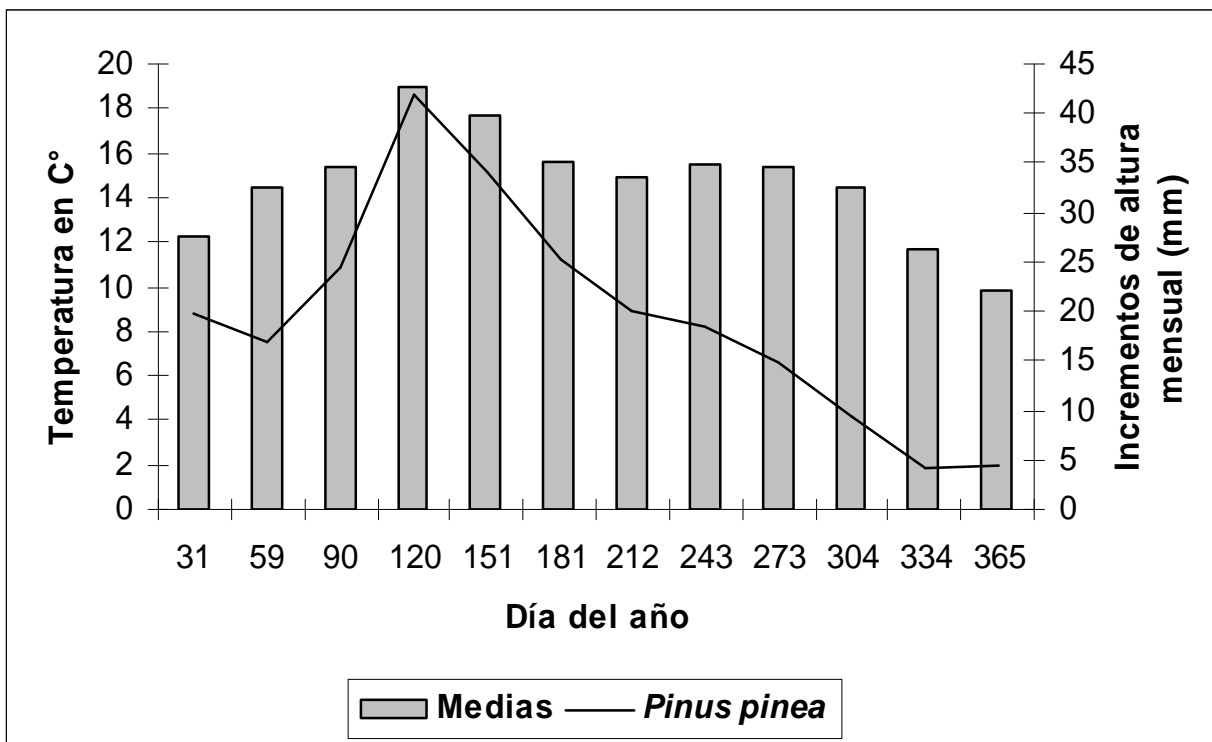


Figura 26. Correlación entre las temperaturas medias y la media de incrementos en altura de *Pinus pinea*. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004.

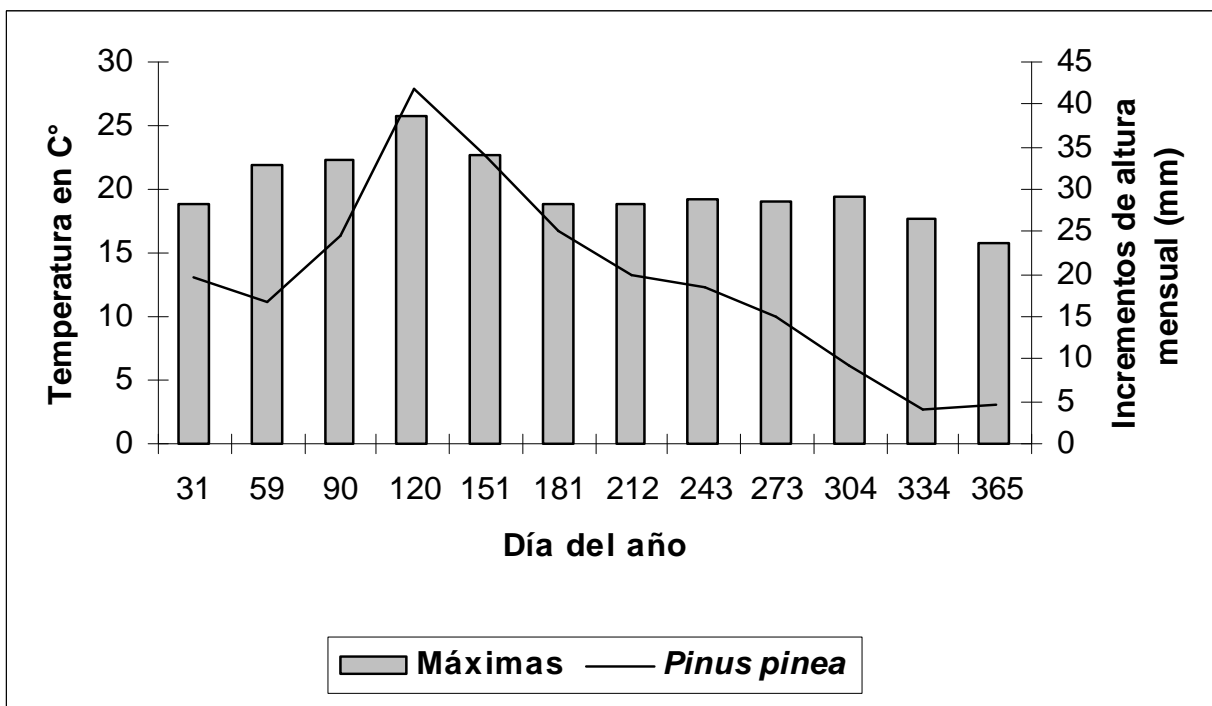


Figura 27. Correlación entre las temperaturas máximas y la media de incrementos en altura de *Pinus pinea*. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004.



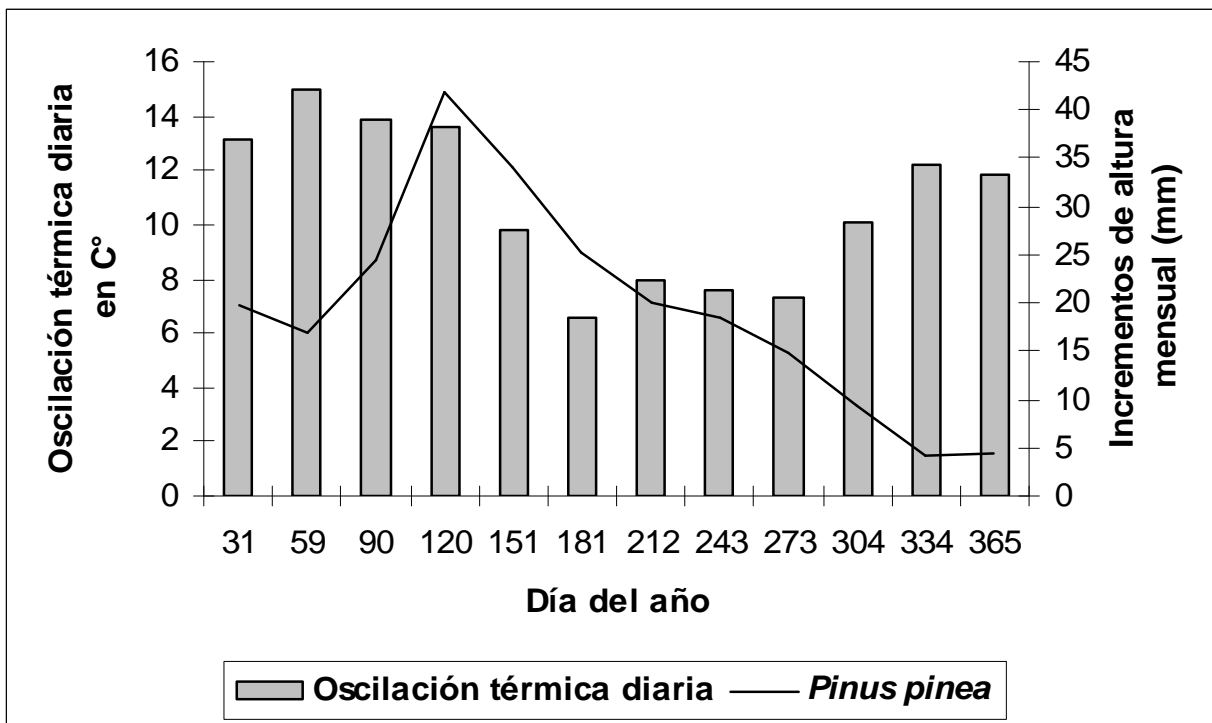


Figura 28. Correlación entre la oscilación térmica diaria y la media de incrementos en altura de *Pinus pinea*. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004.

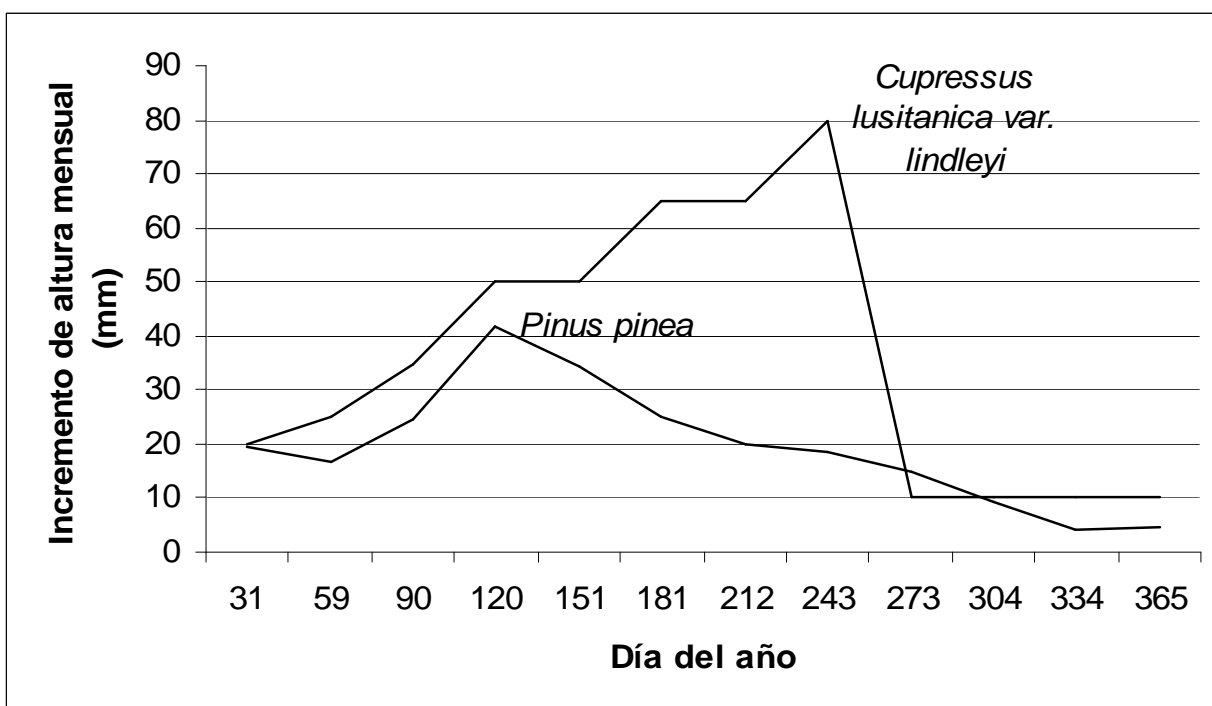


Figura 29. Incrementos en altura de *Pinus pinea* y *Cupressus lusitanica* Miller var. *lindleyi* (Endl.) Carr. durante el año. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004. Considérese que aunque *Cupressus lusitanica* incrementa mucho más su altura, *Pinus pinea* crece tanto como en su lugar de origen.

**6.7 Temperatura.** Se adapta bien de -6 °C a 27.0 °C.

Las temperaturas mínimas no le afectan y no hay una correlación positiva entre la temperatura más baja y el menor crecimiento. Pero existe una clara correlación entre el día 59 (febrero) y el día 120 (abril) que indica su respuesta al aumento de temperatura después de la temporada invernal (Figura 25).

Las temperaturas medias no tienen una relación tan estrecha (Figura 26).

Su mayor crecimiento lo tiene entre abril y mayo, que es cuando se presentan las temperaturas más altas, pero aunque se observó que crecía más a 27°C, no se puede afirmar que a una temperatura mayor crecería más o que crecería menos (Figura 27).

La oscilación térmica diaria es de aproximadamente 15 °C y no parece afectarle, no obstante que en su lugar de origen la fluctuación es menor por ser un clima marítimo (Figura 28).

La variación de temperatura anual es aproximadamente de 30 a 0 °C y no parece afectarle.

Un aspecto importante (FAO, 2006), es que se observa que en la curva de crecimiento presenta un periodo de reposo, en las condiciones ambientales de Tlalpujahuá. La temperatura es determinante en los cambios fisiológicos cualitativos, que llevan a la planta a pasar a otro estado fásico del desarrollo; esto ocurre en algunos árboles que exigen un número determinado de horas frío (debajo de los 7°C) para la floración (Rojas, 1985) (Figuras 18 a 22).

**6.8 Efecto en su desarrollo.** Parece que persiste el mismo patrón, al igual que los mecanismos relacionados con el tiempo, adaptados al área de procedencia de la especie al trasplantarse.

Existen mecanismos relacionados con las condiciones climáticas en las plantas, para ajustarse a los cambios estacionales (Bidwell, 1979).

Se confirma lo siguiente: Liphshitz *et al.* (1984) registró la actividad cambial para dos especies de pinos que crecen en clima mediterráneo. Para *Pinus halepensis*, señala dos periodos de actividad en el cambium vascular en primavera y otoño y de inactividad en verano e invierno, mientras que *Pinus pinea* mantiene una

actividad cambial de abril a noviembre. El autor menciona que *Pinus halepensis* se adapta al clima mediterráneo, entrando en inactividad cambial en el periodo de sequía, mientras que *Pinus pinea* sigue el ritmo de actividad del cámbium vascular de las regiones templadas, ampliando la duración de su actividad.

Esto significa que aunque *Pinus pinea* tiene su hábitat en regiones de clima mediterráneo, no está del todo bien adaptado a ese clima como *Pinus halepensis*, explicándose entonces el porqué *Pinus pinea* esta desarrollando bien en Tlalpujahua, no obstante que es un lugar de clima templado, donde tiene una actividad cambial de febrero a octubre, aunque su máximo incremento en altura se da aproximadamente entre el día 80 (marzo) y el día 180 (junio) (Figuras 18 a 22). Probablemente como una consecuencia de las condiciones climáticas relativamente favorables en Tlalpujahua, la actividad cambial empieza en febrero y no en abril, a diferencia de lo que se registra (Liphschitz, *et al.*, *op. cit.*) para la región de clima mediterráneo.

En este sentido, el cámbium vascular de los individuos de *Abies religiosa* en la región estudiada por Bernal (2000), tiene actividad de marzo a octubre y posiblemente permanece activo durante gran parte del año, como consecuencia de las condiciones climáticas favorables en la zona, además de estar relacionado con las temperaturas máximas.

También en este sentido, el cámbium vascular de los individuos de *Cupressus lusitanica* Miller var. *lindleyi* (Endl.) Carr., aunque permanece activo durante gran parte del año, presenta mayor desarrollo durante el tiempo de lluvias; esto es probablemente una adaptación a las condiciones climáticas en la zona (Figuras 8 y 29).

De acuerdo con Piñero (2000) los pinos denominados piñoneros son de climas secos, pero esto es generalizado y resulta relativo, pues en Tlalpujahua *Pinus pinea* desarrolla bien en temporada de lluvias y en lugares con suelos húmedos. También de acuerdo con otros estudios; *Pinus koraiensis* que es un pino piñonero, se adapta bien al clima húmedo y fresco (Plants At GardenBed, 2004).

Si se considera que *Pinus pinea* desarrolla e incrementa su altura satisfactoriamente, es muy posible que pueda producir semillas y tenga posibilidad de ser un cultivo alternativo o complementario en la región.

**Cuadro 4. Ocho Sitios de Plantación de *Pinus pinea* en Tlalpujahua, Michoacán.**

<b>Localización</b>	<b>Altitud en msnm</b>	<b>Humedad del suelo</b>	<b>Textura del suelo</b>	<b>Irradiación solar</b>	<b>Incremento de altura anual (mm)</b>
Jardines centrales	2650	Regular a alta	Media.	De moderada a elevada	434
Centro de danza Butoh. Lote 1.	2650	Regular	Media y pedregoso	Elevada	418
Jales mineros o Lamas	2650	Regular a alta	Media-fina muy homogénea	De moderada a elevada	412
Centro de danza Butoh. Lote 2.	2650	Regular	Media y pedregoso	Elevada	318
Colonia "La Guerrita".	2650	Regular	Media y pedregoso	Elevada	284
Tenencia San Rafael. Lote 1.	2650	Regular	Media	De moderada a elevada	200
Cerro Somera.	2900	Regular	Media	De moderada a elevada	196
Tenencia San Rafael. Lote 2.	2650	Regular	Media	De moderada a elevada	140

**6.9 Supervivencia y desarrollo en los suelos de la región.** El resultado de plantación en campo (Cuadro 4) (Figura 30) muestra una reacción favorable a posiciones fisiográficas de ladera y mejor aún en terraza, con suelos de profundidad moderada y mejor aún si la profundidad es mayor; se adaptó mejor a los suelos de textura media, como los "jales mineros" o "lamas", frescos y bien drenados, lo cual coincide con los datos de Coscoja (1998) Earle (2005) La web del árbol (2006), pero en Tlalpujahua aunque resiste en los suelos secos, su desarrollo es mucho mejor en los relativamente húmedos.

**6.10 Requerimientos en cuanto a la cantidad y distribución de la precipitación pluvial.** Sobrevive, no obstante que la distribución de la precipitación es diferente, con respecto a su lugar de origen; soporta la sequía, pero se limita significativamente su desarrollo. No parece afectarle mayor cantidad en cuanto a supervivencia, sólo es afectado por la abundancia al inicio de la plantación, si no se homogeniza el suelo en la superficie. De hecho, en campo el incremento en altura se ajusta un tanto con el

periodo de lluvias. Pero para mejor desarrollo, requiere humedad constante todo el año, esto es, una condición de suelos húmedos, cerca de un canal, en una ribera o tener riego. Es muy probable que esta especie a mayor altitud, requiera mayor cantidad de humedad en el suelo.

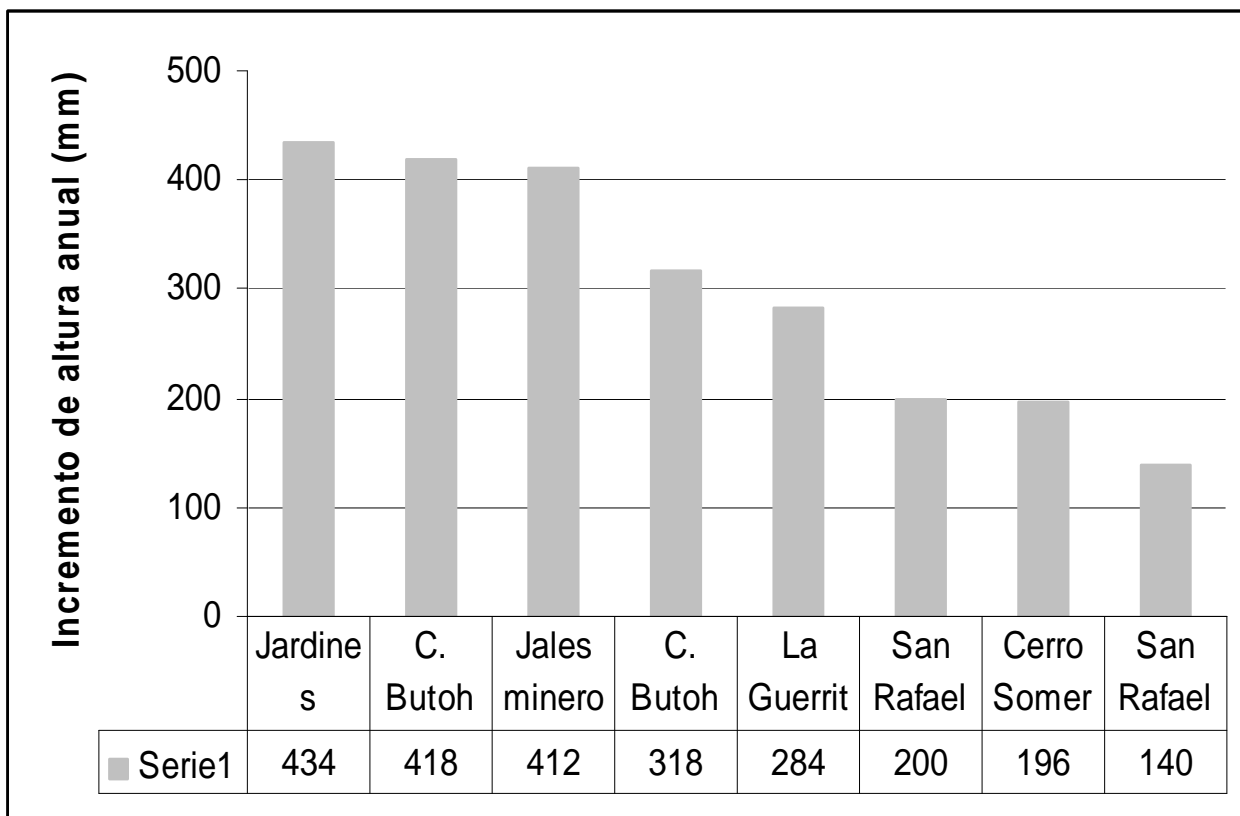


Figura 30. Ocho Sitios de Plantación de *Pinus pinea* en Tlalpujahua, Michoacán.

**6.11 Requerimientos en cuanto a la irradiación solar.** Con demasiada irradiación solar antes de los 30 cm se reduce el crecimiento hasta en 50%, con respecto a menor irradiación solar directa. Sin embargo, después de los 30 cm de altura y cuatro meses de exposición a mayor irradiación solar directa, no se reduce significativamente el crecimiento. Después de esta etapa desarrolla bien con iluminación regular, pero requiere luminosidad intensa para que se desarrolle mejor la copa, lo cual coincide con Coscoja (1998) y PNGA (1999).

**6.12 Incremento en altura en campo.** Es excelente e indica su buena adaptación (Cuadro 4) y (Figura 30). Desarrollan y crecen más los ejemplares plantados de 30 a

40 cm de altura con menos de dos años; los de mayor tamaño y edad, se establecen con mayor dificultad en el suelo, tal como se cita en Plants For A Future (2006) y Plants At GardenBed (2004). Se comprobó la importancia genética en los de mayor desarrollo (Bachiller, 1999), porque así se comportaron tanto en vivero como en campo.



Figura 31. A la izquierda *Pinus cembroides* (especie del norte de México) y a la derecha *Pinus pinea* (especie europea). Ambos ejemplares son los más grandes de sus respectivos lotes; las semillas fueron sembradas el 22 de agosto del 2002 y se les tomó la foto el 22 de diciembre del 2002, esto es a los 4 meses de edad. Es evidente que *Pinus pinea* crece más rápido y por tanto, se adapta mejor a las condiciones de Tlalpujahua, Michoacán.

**6.13 Adaptación de *Pinus pinea* en comparación con especies de coníferas nativas y exóticas en la localidad de Tlalpujahua, Mich. México.** Se estimó la adaptación de *Pinus pinea* con respecto a dos especies de coníferas nativas de la región, cuatro pinos mexicanos productores de semillas comestibles, cinco especies más de coníferas exóticas introducidas con anterioridad y once especies más de coníferas exóticas que se logro germinar (Cuadro 5) (Figuras 31 a 37).

Se discute que la altitud es un factor importante, que no se puede omitir al trasplantar una especie, aunque para *Pinus pinea* así como en *P. densiflora*, *P. rigida*

y *P. sylvestris* esto es relativo, porque en Tlalpujahua se desarrollan a mucho mayor altitud que en su lugar de origen.

Al observar el desarrollo parcial de las otras especies, aparte de *Pinus pinea*, se considera que las especies de *Picea* y algunos *Pinus* no se adaptaron. Otros *Pinus* es posible que continúen desarrollando en la región y puedan ser aprovechables.

Parece ser que las especies europeas en cuanto a germinación, se adaptan a las condiciones naturales de Tlalpujahua, ya que *Picea omorika*, *Pinus nigra* y *P. sylvestris* germinan bien con una estratificación fría natural en Tlalpujahua, cuando en otros lugares requerirían estratificación fría (País, 2006). No es el caso de *Picea mariana*, que parece funcionar mejor con estratificación fría (Cuadro 3).

La inoculación se hace con hongos micorrícicos de pinos nativos y funciona bien en general.

Las especies del oeste de E. U. A., parecen tener problemas de adaptación en Tlalpujahua, tal vez porque su lugar de origen es el Bioma Húmedo Templado Mesotermal, de bosque de coníferas (Odum, 1985).

Algunas especies que se cultivaron, aunque son de lugares con inviernos muy fríos, el verano ahí puede ser relativamente cálido y por tanto, la temperatura óptima de crecimiento puede ser relativamente alta, por lo que están adaptadas a mayor latitud pero no más altitud.

Particularmente para las especies exóticas se tuvieron y discuten los siguientes resultados:

*Abies grandis* (Douglas ex D. Don) Lindle. No germinó.

*Abies magnifica* A. Murria. La especie no desarrolla bien, no obstante que en Nearctica (2006) se indica un rango máximo de 2740 msnm para la especie, a una latitud de 41.78139 norte. Por lo que no se deben olvidar otros factores importantes para el desarrollo, como son fotoperiodos, temperaturas, etc. Además, al principio tiene mucha dificultad para establecerse en el sustrato.

*Picea glauca* (Moench) Voss. La especie no desarrolla bien y no sobrevive un año, lo cual muestra que el rango máximo de 1000 msnm indicado por Earle (2005) para la especie, concuerda en este caso.

*Picea mariana* (Miller) Britton Sterns & Poggenburg. La especie no desarrolla bien y no sobrevivió un año, lo que comprueba que el rango máximo de 1500 msnm indicado por Earle (2005) para la especie es concordante.

*Picea omorika* (Panèiæ) Purkyne. La especie no desarrolla bien y aunque sobrevive crece muy lento; se comprueba que el rango máximo de 1700 msnm indicado por Earle (2005) para la especie, es concordante en este caso.

*Picea sitchensis* (Bongard) Carrière. La especie desarrolla bien pero muy lento, aunque de las cuatro especies de *Picea* que se cultivaron, esta es la que crece mejor; el primer año creció 2 cm pero en su segundo año ha crecido 7 cm, comprobándose el rango máximo de 910 msnm y que se restringe a un área de clima marítimo con humedad abundante a través del año, con inviernos relativamente suaves y veranos frescos, la picea de Sitka crece en una franja estrecha a lo largo de la costa pacífica del norte, de latitud 61° N en Alaska a 39° N en California (Harris, 2006). Earle (2005) hace notar que los árboles crecen lentamente los primeros años después de la germinación, pero después el crecimiento aumenta rápidamente, con alturas que varían de 33 m en Alaska (E.U.A.) en 100 años de edad, a 48 m en Oregon. En cultivo en Gran Bretaña, los índices de crecimiento son de 40 m en 43 años y de 60 m en 110 años, donde se registran los mejores sitios Earle (2005) (Figura 39).

*Pinus ayacahuite* Ehrenberg ex Schlechtendahl. Se comprueba que el rango máximo de 2300 msnm indicado por Madrigal (1982) para la especie, es concordante parcialmente, pues desarrollan bien pero no producen semillas. Tiene posibilidades de aprovechamiento ecológico y ornamental.



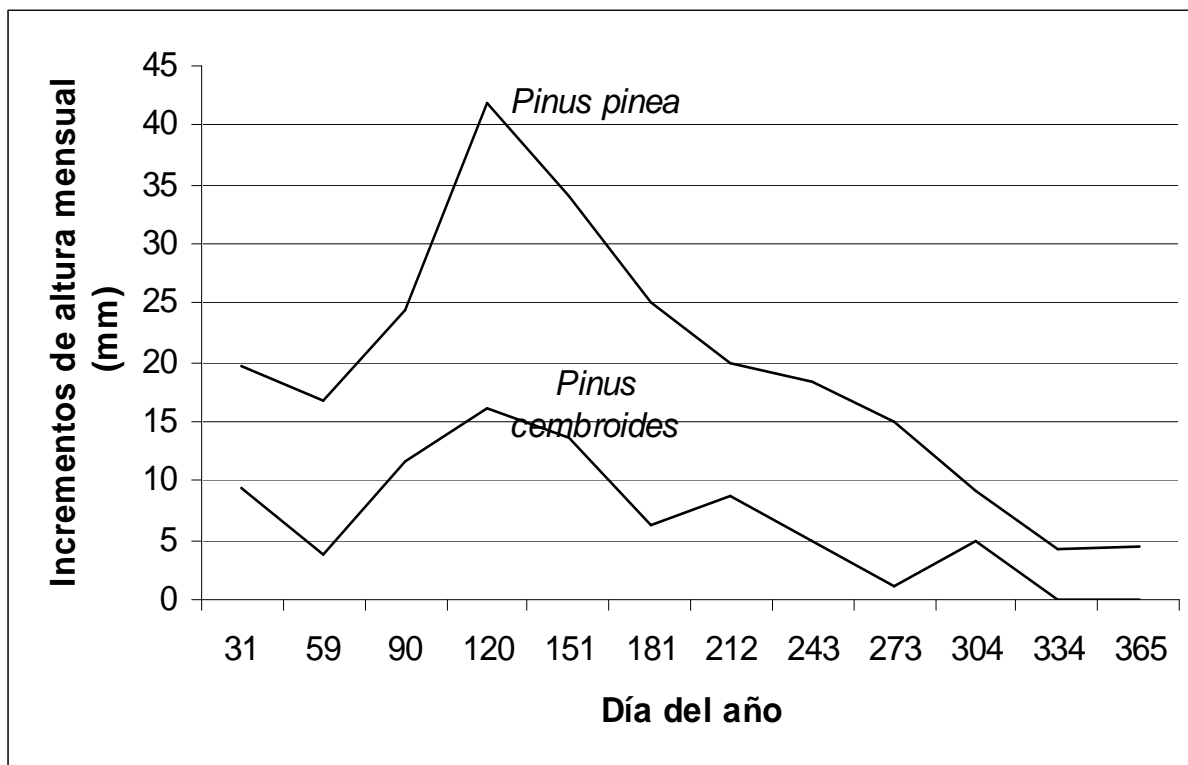


Figura 32. Medias de los lotes A, B, C, D de *Pinus pinea* y media de un lote de *Pinus cembroides*. Comparación de incrementos en altura. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004.

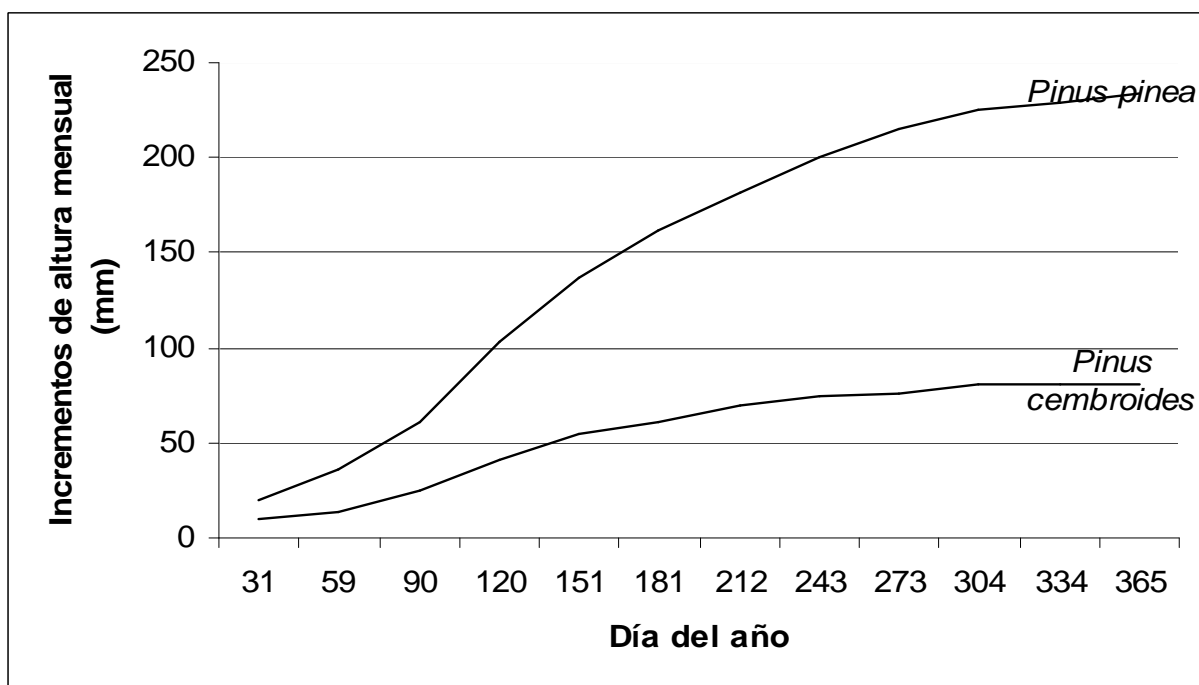


Figura 33. Medias de los lotes A, B, C, D de *Pinus pinea* y media de un lote de *Pinus cembroides*. Comparación de los incrementos en altura acumulados. Inicia el 15 de enero del 2003 y finaliza el 14 de enero del 2004.

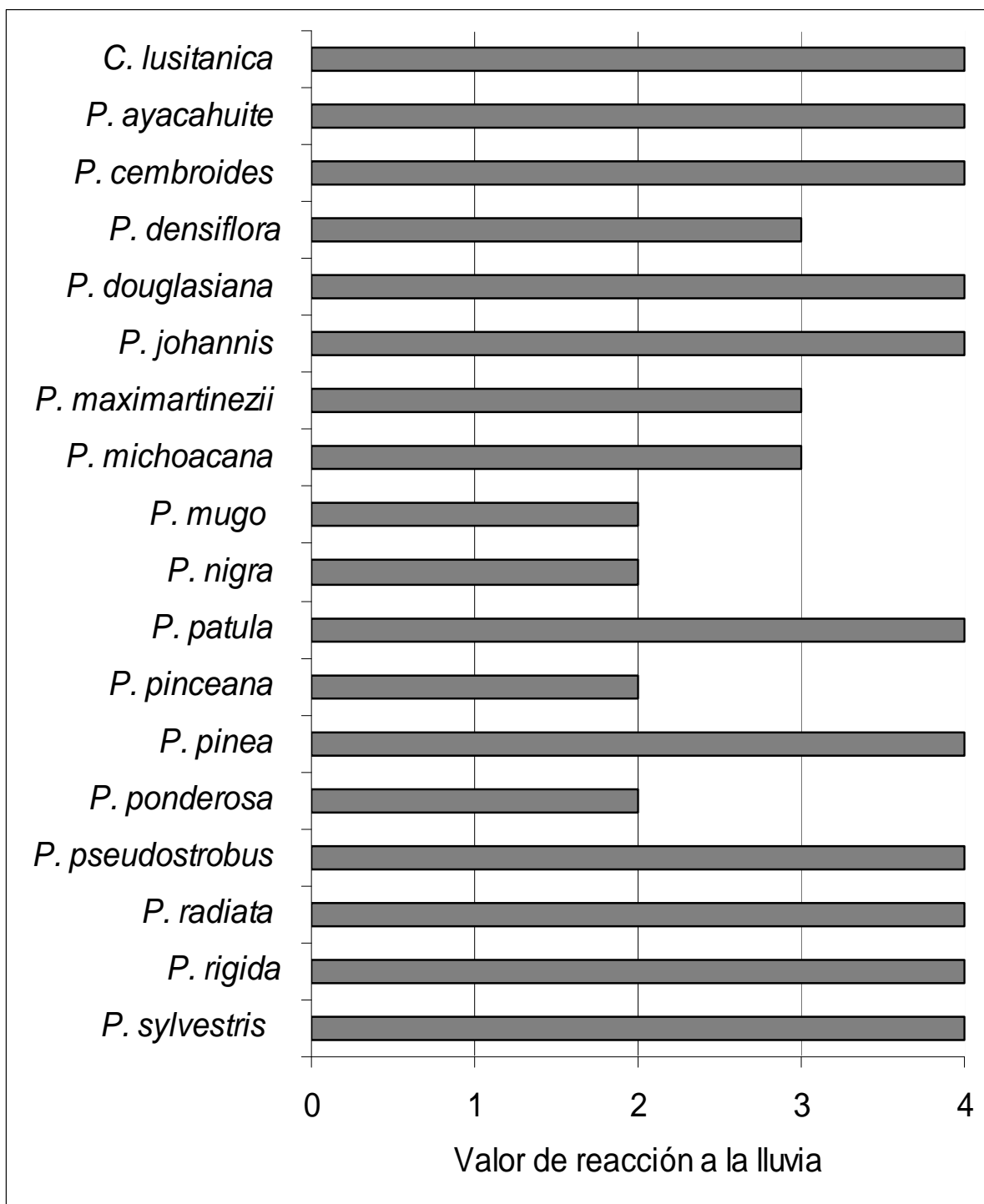


Figura 34. Comparación de la reacción a la cantidad de lluvia de *Pinus pinea*, con especies nativas y algunas coníferas exóticas en la localidad de Tlalpujahu Mich. México. Y donde:

4 representa una reacción *Excelente*.

3 representa una reacción *Alta*.

2 representa una reacción *Media*.

1 representa una reacción *Baja*.

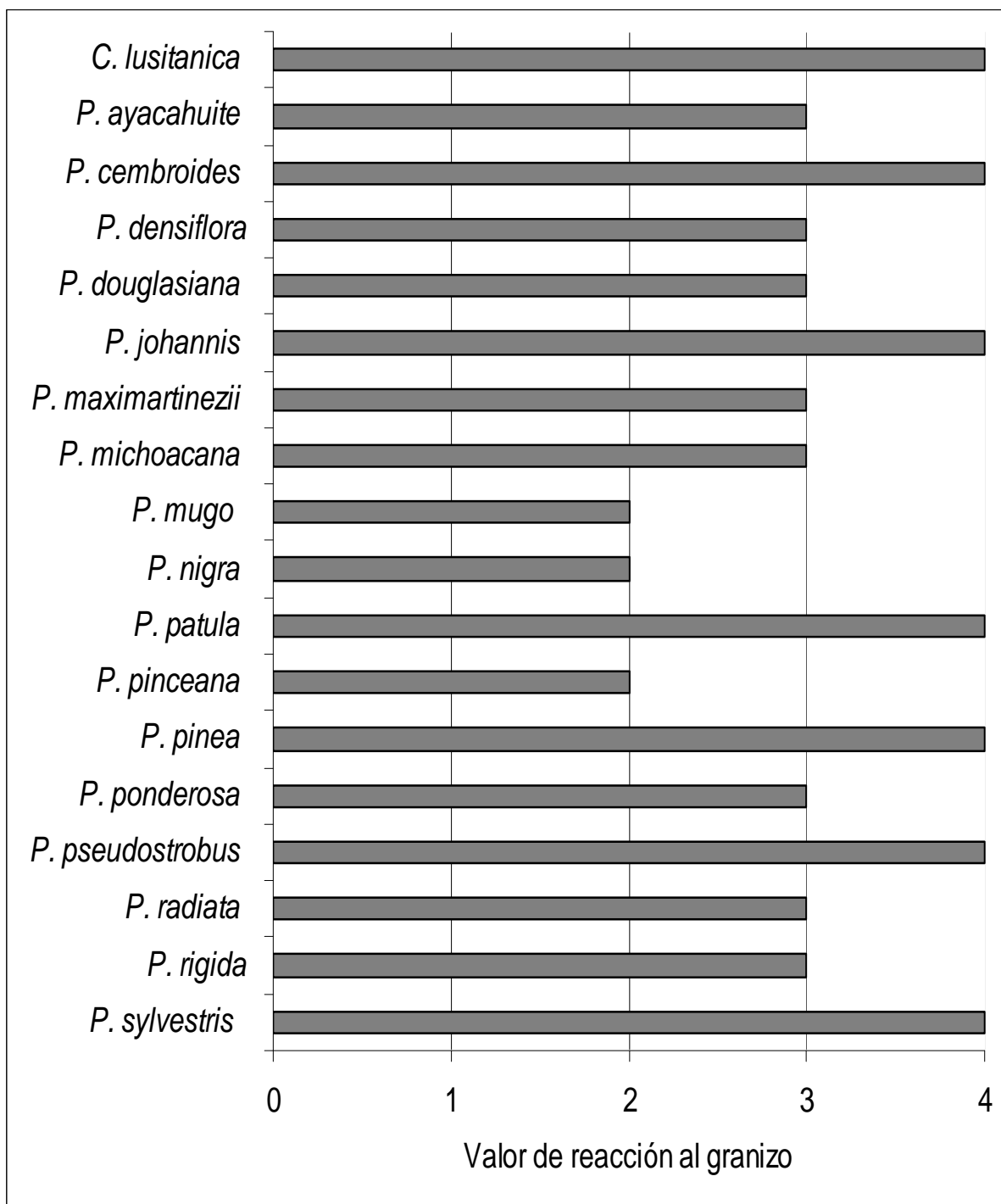


Figura 35. Comparación de la reacción al granizo de *Pinus pinea*, con especies nativas y algunas coníferas exóticas en la localidad de Tlalpujahu Mich. México. Y donde:

4 representa una reacción *Excelente*.

3 representa una reacción *Alta*.

2 representa una reacción *Media*.

1 representa una reacción *Baja*.

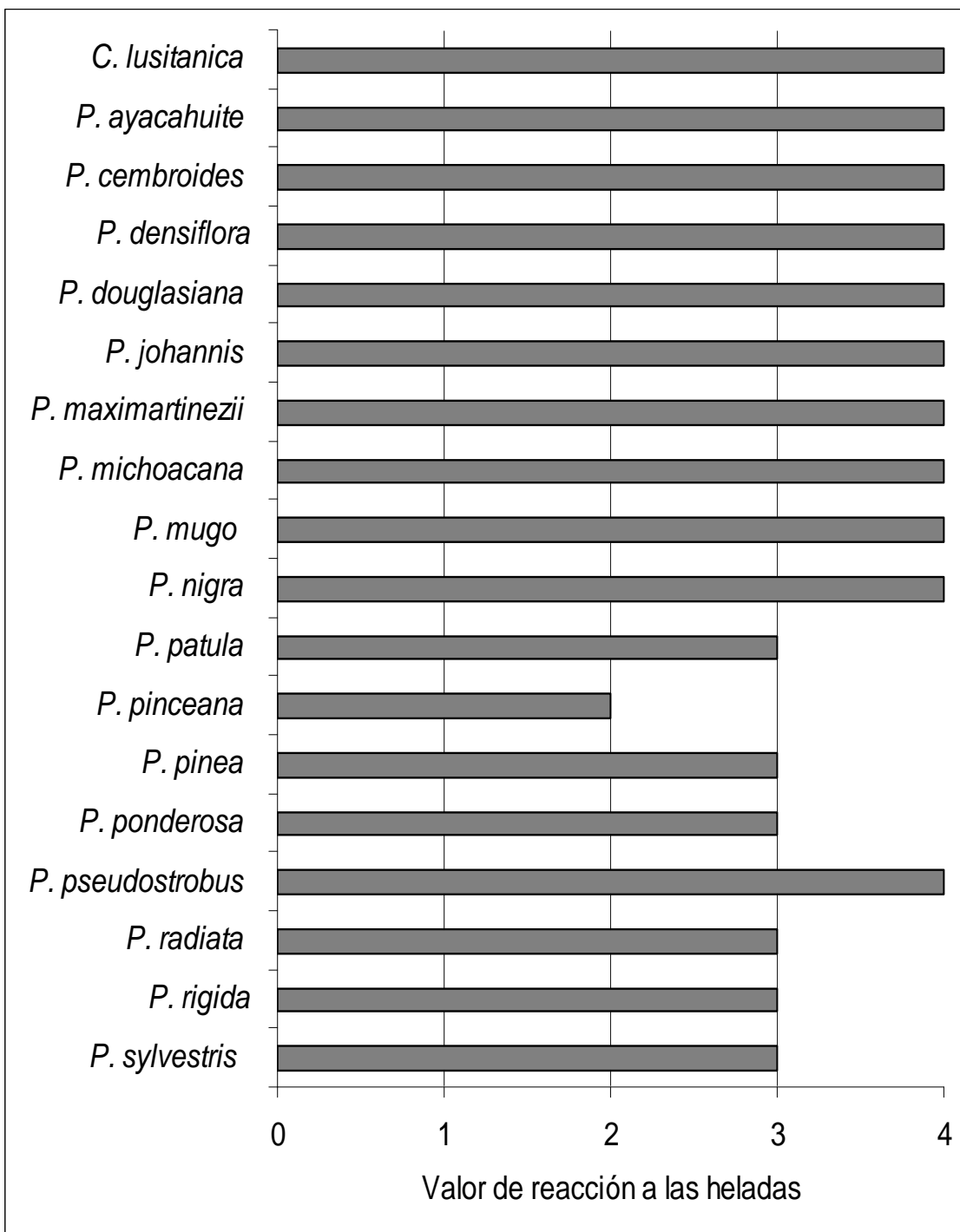


Figura 36. Comparación de la reacción a las heladas de *Pinus pinea*, con especies nativas y algunas coníferas exóticas en la localidad de Tlalpujahua Mich. México. Y donde:

4 representa una reacción *Excelente*.

3 representa una reacción *Alta*.

2 representa una reacción *Media*.

1 representa una reacción *Baja*.

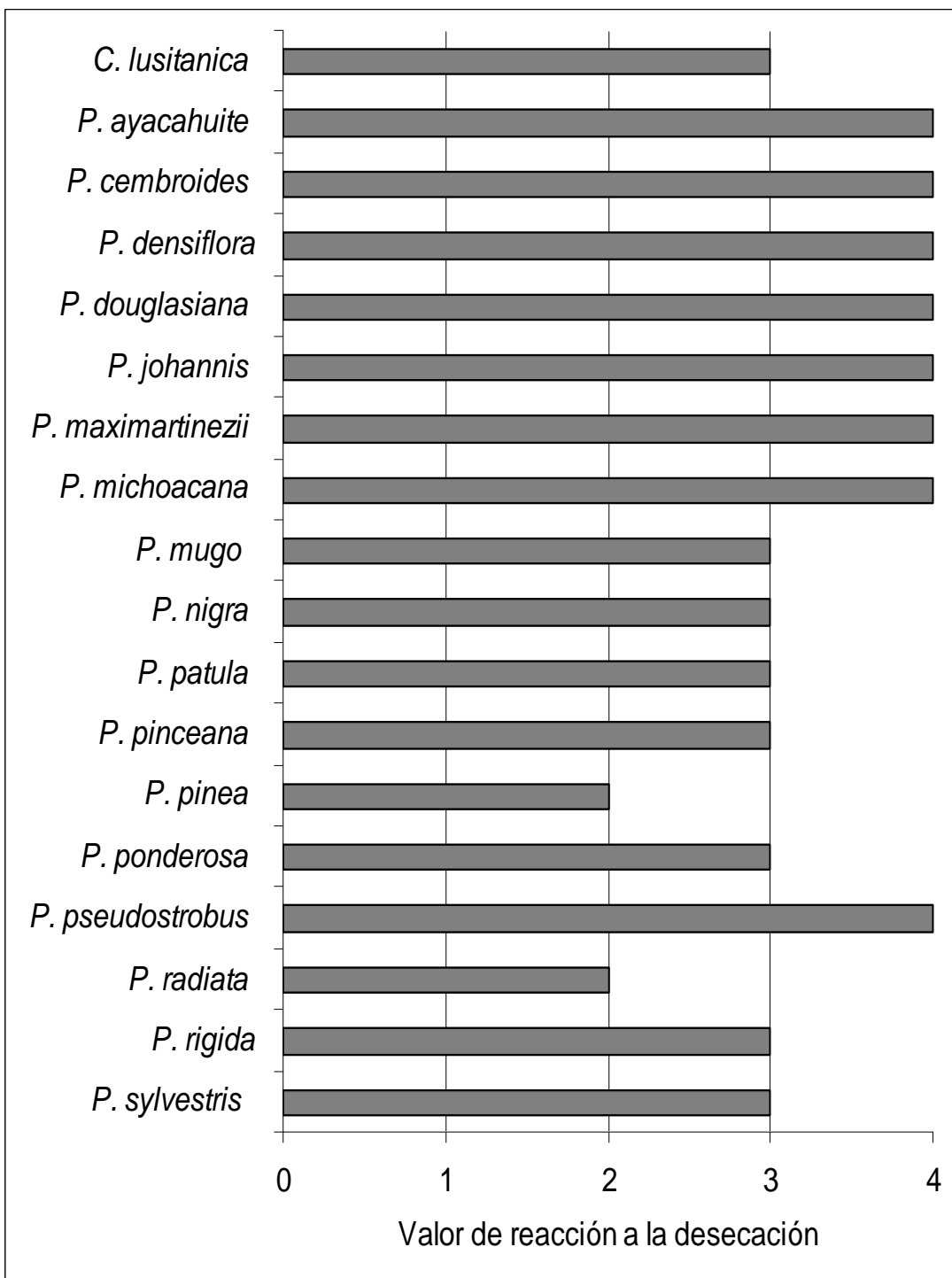


Figura 37. Comparación de la reacción a la desecación de *Pinus pinea*, con especies nativas y algunas coníferas exóticas en la localidad de Tlalpujahua Mich. México. Y donde:

4 representa una reacción *Excelente*.

3 representa una reacción *Alta*.

2 representa una reacción *Media*.

1 representa una reacción *Baja*.

**Cuadro 5. Adaptación de *Pinus pinea* e incremento en altura en comparación con especies de coníferas nativas y exóticas en la localidad de Tlalpujahua, Mich. México.**

<b>Especie</b>	<b>Incremento en altura anual</b>	<b>Adaptación general</b>
<i>Abies grandis</i> (Douglas ex D. Don) Lindley	Sin dato.	Sin dato.
<i>Abies magnifica</i> A. Murray	1 <sup>er</sup> año 0.5 cm	Baja
<i>Abies religiosa</i> (Kunth.) Schltl. et Cham.	1 <sup>er</sup> año 30 cm 2 <sup>do</sup> año 40 cm	Excelente
<i>Cupressus lusitanica</i> Miller var. <i>lindleyi</i> (Endl.) Carr.	1 <sup>er</sup> año 34 cm 2 <sup>do</sup> año 43 cm	Excelente
<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	1 <sup>er</sup> año 0.5 cm	Baja
<i>Picea mariana</i> (Miller) Britton Sterns, & Poggenburg	1 <sup>er</sup> año 0.5 cm	Baja
<i>Picea omorika</i> (Panèiæ) Purkyne	1 <sup>er</sup> año 1 cm 2 <sup>do</sup> año 2 cm 3 <sup>e</sup> año 5 cm	Media
<i>Picea sitchensis</i> (Bongard) Carrière	1 <sup>er</sup> año 2.0 cm 2 <sup>do</sup> año 6 cm 3 <sup>e</sup> año 10 cm	Media. Pero es la píceas que mejor se adapta.
<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenberg et ex Schlechtendahl	1 <sup>er</sup> año 15 cm 2 <sup>do</sup> año 20 cm 3 <sup>e</sup> año 30 cm	Alta
<i>Pinus cembroides</i> Zuccarini	1 <sup>er</sup> año 9 cm 2 <sup>do</sup> año 10 cm	Media
<i>Pinus densiflora</i> Siebold et Zuccarini	1 <sup>er</sup> año 6 cm 2 <sup>do</sup> año 14 cm 3 <sup>e</sup> año 35 cm	Alta
<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	1 <sup>er</sup> año sin dato. 2 <sup>do</sup> año sin dato. Adulto 75 cm.	Excelente
<i>Pinus flexilis</i> E. James	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus johannis</i> M.-F. Robert	1 <sup>er</sup> año 20 cm 2 <sup>do</sup> año 20 cm	Alta
<i>Pinus koraiensis</i> Siebold et Zucc.	Sin dato.	Sin dato.
<i>Pinus maximartinezii</i> Rzedowski	1 <sup>er</sup> año sin dato. 2 <sup>do</sup> año 12 cm	Media
<i>Pinus michoacana</i> Martínez	1 <sup>er</sup> año sin dato. 2 <sup>do</sup> año sin dato. 3 <sup>er</sup> año 9 cm.	Media. En sus primeros años presenta un estado cespitoso.

<i>Pinus mugo</i> Turra var. <i>pumilio</i> (Haenke) Zenari	1 <sup>er</sup> año 4 cm 2 <sup>do</sup> año 4 cm	Media. En sus primeros años presenta un estado cespitoso.
<i>Pinus nigra</i> J. F. Arnold var. <i>marítima</i>	1 <sup>er</sup> año 6 cm 2 <sup>do</sup> año 6 cm 3 <sup>e</sup> año 7 cm	Media
<i>Pinus patula</i> Schiede ex Schlectendahl & Chamisso	1 <sup>er</sup> año sin dato. 2 <sup>do</sup> año sin dato. Adulto 70 cm. Pero solo si tiene humedad.	Media
<i>Pinus pinceana</i> Gordon	1 <sup>er</sup> año 9.0 cm 2 <sup>do</sup> año 9.0 cm	Baja
<i>Pinus pinea</i> Linnaeus	1 <sup>er</sup> año de 23.5 a 40 cm 2 <sup>do</sup> año hasta mas de 40 cm	Alta
<i>Pinus ponderosa</i> Douglas ex Lawson & C.Lawson	1 <sup>er</sup> año 9 cm 2 <sup>do</sup> año 9 cm 3 <sup>e</sup> año 9 cm	Media
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindley	1 <sup>er</sup> año 30 cm 2 <sup>do</sup> año 40 cm Adulto 80 cm	Excelente
<i>Pinus radiata</i> D. Don	1 <sup>er</sup> año sin dato. 2 <sup>do</sup> año sin dato. Adulto 30 cm Pero solo si tiene humedad.	Media
<i>Pinus rigida</i> Miller	1 <sup>er</sup> año 18 cm 2 <sup>do</sup> año 18 cm	Alta
<i>Pinus sylvestris</i> Linnaeus	1 <sup>er</sup> año 7 cm 2 <sup>do</sup> año 12 cm 3 <sup>e</sup> año 20 cm	Alta

*Pinus cembroides* Zuccarini. La especie no desarrolla bien, se comprueba que el rango máximo de 700-2400 msnm indicado por Earle (2005) para la especie, es concordante. Pero se aclara que Passini (1982) encontró la especie hasta 2900 msnm, por lo que habrá que considerar los ecotipos regionales (FAO, 2006) y otros factores limitantes (Cuadro 5) (Figuras 31 a 33).

*Pinus densiflora* Siebold et Zuccarini. La especie desarrolla bien, pero es mejor que la siembra sea en febrero, porque requiere desarrollar lo suficiente para producir hojas adultas, pues las juveniles se pierden en invierno y la planta puede morir. Es

curioso que los cotiledones tengan una inclinación en forma de techo de pagoda oriental. La especie no desarrolla bien el primer año e incluso puede sufrir clorosis, pero una vez que produce hojas adultas, presenta muy buena apariencia e incluso al año y diez meses de edad produjo 33 microestróbilos y 2 megaestróbilos, tiene así la posibilidad de aprovechamiento ornamental; el rango máximo de 2300 msnm indicado por Earle (2005) para la especie, parece que no es muy estricto. Esta especie se presenta muy homogénea, en cuanto al porcentaje de adaptación y desarrollo (Figuras 38 y 40).

*Pinus douglasiana* Martínez. Se comprueba que el rango máximo de 2700 msnm indicado por Earle (2005) para la especie es parcialmente concordante, pues desarrollan bien pero en 20 años no han producido estróbilos. Tiene posibilidades de aprovechamiento forestal y ornamental, pero aunque crece bien, no supera a la especie nativa *Pinus pseudostrobus* Lindley, al analizar el resultado de su introducción.

*Pinus flexilis* E. James. No germinó

*Pinus johannis* M.-F. Robert. La especie desarrolla bien, se comprueba concordancia con los rangos máximos indicados de 2800 msnm por Earle (2005) y de 2900 msnm por Passini (1982). El periodo de crecimiento en Tlalpujahua es todo el año en la etapa juvenil, aunque es diferente durante este tiempo; produce hojas adultas en su primer año y las yemas terminales pierden latencia hasta el mes de abril. Esta especie se presenta muy homogénea en cuanto al porcentaje de adaptación y desarrollo. No parece afectarle la irradiación solar, pues es similar a la de su región de origen, ni tampoco la mayor cantidad o diferente distribución de la precipitación, con respecto a su lugar de origen. Tiene posibilidades de aprovechamiento ecológico, frutal y ornamental (Figura 41).

*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. No germinó. A la semilla sembrada se le hizo una escarificación mecánica para remover la testa y posiblemente se dañó.





Figura 38. *Pinus densiflora* de 19 cm. Al año y diez meses de edad ha producido 33 microestróbilos y 2 megaestróbilos.



Figura 39. *Picea sitchensis* de 9 cm. La especie que crece mejor de las cuatro cultivadas.



Figura 40. *Pinus densiflora* de 19 cm. Tiene muy buena apariencia ornamental.

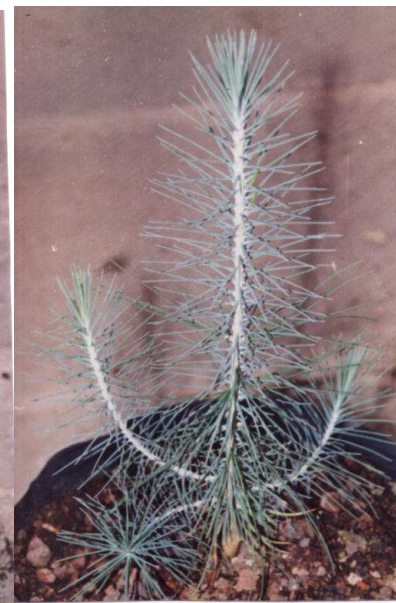


Figura 41. *Pinus johannis* de 28 cm. Tiene posibilidad de aprovechamiento frutal.



Figura 42. *Pinus maximartinezii* de 26 cm. Desarrolla bien pero lento.



Figura 43. *Pinus mugo* var. *pumilio* de 5 cm. Desarrolla bien pero muy lento.

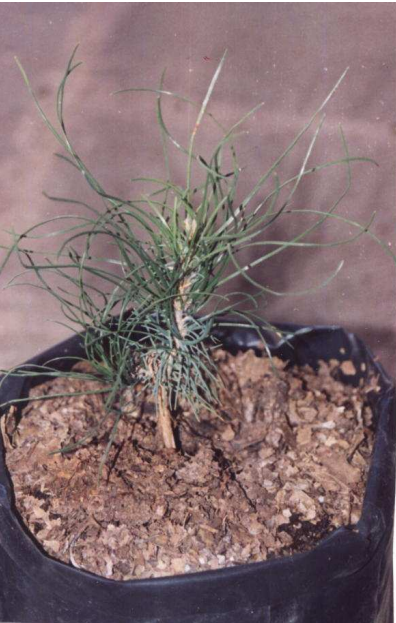


Figura 44. *Pinus nigra* var. *maritima* de 11 cm. Desarrolla bien pero muy lento.

*Pinus maximartinezii* Rzedowski. La especie desarrolla bien aunque lento, se comprueba que el rango máximo de 2200 msnm indicado por Earle (2005) para la especie es concordante. Sólo crece un poco en abril y mayo, lo que indica que requiere más calor. Sin embargo, se recomienda su cultivo, ya que se contribuiría a su preservación, toda vez que está en riesgo de extinción. Esta especie se presenta heterogénea en cuanto al porcentaje de adaptación (Figura 42).

*Pinus michoacana* Martínez. La especie desarrolla bien pero lento, se comprueba que el rango máximo de 2400-2500 msnm indicado por Madrigal (1982) para la especie, es concordante. Esto es, analizando el resultado de su introducción en la región.

*Pinus mugo* Turra var. *pumilio* (Haenke) Zenari. La especie desarrolla bien pero muy lento, se comprueba que el rango máximo de 2500 msnm indicado por Earle (2005) para la especie es concordante. Esta especie se presenta muy homogénea en cuanto al porcentaje de adaptación y desarrollo. Produce hojas adultas en su primer año (Figura 43).

*Pinus nigra* J. F. Arnold var. *Marítima*. La especie desarrolla bien aunque muy lento, se comprueba que el rango máximo de 2000 msnm indicado por Earle (2005) para la especie es concordante. Esta especie se presenta muy homogénea, en cuanto al porcentaje de adaptación y desarrollo (Figura 44).

*Pinus patula* Schiede ex Schlechtendahl & Chamisso. La especie desarrolla regular y no concuerda el rango máximo de 3000 msnm, como indica green.go (2004) para la especie. Son los únicos pinos junto con *Eucalyptus globulus*, que cuando se encuentran en suelos poco profundos de la región pueden caerse. Aunque crece mucho mejor en suelos profundos, con suficiente humedad, como se indica en otros estudios (green.go, 2004).



<p>Figura 45. <i>Pinus ponderosa</i> de 11 cm. Desarrolla bien pero muy lento.</p>	<p>Figura 46. <i>Pinus rigida</i> de 33 cm. Desarrolla bien, con posibilidad de aprovechamiento.</p>	<p>Figura 47. <i>Pinus sylvestris</i> de 19 cm. Desarrolla bien, con posibilidad de aprovechamiento.</p>
--	--	--

*Pinus pinceana* Gordon. La especie no desarrolla bien, se comprueba que el rango máximo de 1500-2300 msnm indicado por Earle (2005) para la especie es concordante.

*Pinus ponderosa* Douglas ex Lawson & C.Lawson. La especie desarrolla bien pero muy lento, no obstante que se indica un rango máximo de 3050 msnm William (2006), aunque se cita que tiene poca tolerancia cuando la estación de crecimiento es más corta. La especie parece necesitar más calor en Tlalpujahuá, por lo que no se deben ignorar otros factores importantes para el desarrollo, como son fotoperiodo, temperatura, etc. Se presenta muy homogénea en cuanto al porcentaje de adaptación y desarrollo (Figura 45).

*Pinus radiata* D. Don. La especie no desarrolla bien y es concordante el rango máximo de 1200 msnm indicado por Earle (2005) para la especie, aunque en áreas húmedas mejora mucho su desarrollo, de acuerdo con el resultado de su introducción en la región.

*Pinus rigida* Millar. La especie desarrolla regular, no obstante que Earle (2005) indica un rango máximo de 1400 msnm; al principio tiene cierta dificultad para establecerse en el sustrato sufriendo clorosis con frecuencia, pero alcanza el máximo de incremento en altura anual como en su lugar de origen y podría crecer más, ya que se registran de 7.5 a 20.0 cm anuales (Iseli Nursery, 2006). Su temporada de crecimiento empieza desde finales de febrero o principios de marzo aunque en este periodo no es relativamente alta la temperatura en Tlalpujahua, por lo que se interpreta que la temperatura que les permite crecer es relativamente baja y cuando crece en dos semanas puede incrementar hasta 5 cm de altura. En su lugar de origen recibe 82% de irradiación solar con respecto al ecuador, en Tlalpujahua recibe 92%, esto es, un 10% más aproximadamente y la especie la tolera. No parece afectarles una mayor cantidad o diferente distribución de la precipitación, con respecto a su lugar de origen el Nororiente de Norteamérica. Esta especie se presenta muy heterogénea en cuanto al porcentaje de adaptación: sólo 20% de los ejemplares están muy bien, 30% bien, 30% medianamente y 20% mal e incluso no sobreviven.

Tiene posibilidades de aprovechamiento forestal y ornamental, con la aclaración que aunque crece rápido y bien, no por eso supera a la especie nativa *Pinus pseudostrobus* Lindley. Para el cultivo se recomienda que la siembra en vivero sea en febrero, ya que necesita desarrollar lo suficiente para producir hojas adultas, pues las juveniles se pierden en invierno y el árbol puede morir (Figura 46).

*Pinus sylvestris* Linnaeus. La especie desarrolla bien, aunque Earle (2005) indica un rango máximo de 2400 msnm. La temporada de crecimiento empieza desde finales de febrero o principios de marzo, cuando aún no es relativamente alta la temperatura en Tlalpujahua, lo cual significa que la temperatura que les permite crecer es relativamente baja y en dos semanas pueden crecer hasta 6.0 cm. Los individuos de pequeño tamaño y edad, en bajo porcentaje pueden ser susceptibles a las heladas de Tlalpujahua, aunque en su lugar de origen pueden soportar hasta  $-40^{\circ}\text{C}$  (Iseli Nursery, 2006). Es posible que la oscilación térmica diaria de Tlalpujahua, desajuste su resistencia al alterar el mecanismo medidor de las condiciones climáticas, pues

tiene lo que para la especie sería invierno por la noche y primavera u otoño de día. En su lugar de origen recibe 82% de irradiación solar con respecto al ecuador, en Tlalpujahuá recibe 92%, que equivale aproximadamente al 10% más y la especie lo tolera. No parece afectarles una mayor cantidad o diferente distribución de la precipitación, con respecto a su lugar de origen. Esta especie se presenta muy homogénea en cuanto al porcentaje de adaptación y desarrollo. Para el cultivo se recomienda la fertilización tal como lo señala Carrasco (1997), pues el árbol mejora mucho.

Tiene posibilidades de aprovechamiento ecológico y de ornato navideño, ya que en la región existen varias industrias de adornos navideños, pudiendo ser complementario el cultivo de especies de este tipo. Aunque esta especie crece lento comparada con *Pinus ayacahuite* cabe señalar que la aventaja en gran medida como "árbol de navidad", por tener las hojas de 4 a 6 cm y más tupidas, a diferencia de *Pinus ayacahuite* que las tiene de 11 a 16 cm (Figura 47).

## 7. CONCLUSIONES

- *Pinus pinea* es una especie adecuada por su adaptación, así como por su crecimiento y vigor en Tlalpujahua, Michoacán. En vivero tiene además un crecimiento superior a *P. cembroides*, *P. johannis*, *P. maximartinezii* y *P. pinceana*. Así como también se ha adaptado en campo siempre y cuando tenga humedad constante.
- Las principales características fenotípicas de *Pinus pinea* manifestadas en Tlalpujahua, Michoacán, son similares a las registradas en la región circunmediterránea, en Europa.
- *P. johannis* fue la especie de pino piñonero endémico de México que en vivero mostró mayor adaptación en Tlalpujahua (Michoacán) y por tanto con posibilidades de aprovechamiento en la región. Sin embargo, aunque *Pinus maximartinezii* desarrolla lento, dada su importancia de preservación, conviene intentar cultivarla.
- Las especies de pinos endémicos de México que en campo mostraron mayor adaptación en Tlalpujahua (Michoacán) y por tanto con posibilidades de aprovechamiento en la región, fueron *Pinus ayacahuite* y *P. douglasiana*.
- Las especies de coníferas introducidas de otros países (exóticas), que en vivero mostraron mejor adaptación en Tlalpujahua (Michoacán), fueron *Pinus densiflora*, *P. rigida* y *P. sylvestris*.
- Las condiciones ambientales más favorables para *Pinus pinea* son las siguientes:
  - a) La siembra es mejor bajo techo, en julio y agosto.

b) El riego se recomienda dos veces por semana en temporada seca y una vez por semana en temporada de lluvias, pero obviamente en caso de estar cubiertos.

c) Se puede inducir el crecimiento acelerado en la etapa juvenil, con tres horas de exposición solar máximo o una exposición del 30 a 50% de irradiación solar directa, hasta que alcancen los 30 cm de altura.

d) Utilizar contenedores de aproximadamente 5.0 litros y tierra con buen drenaje, cuando se desee tener las plantas en vivero hasta una edad dos años o una altura de 30 a 60 cm.

e) La fertilización recomendable es de liberación lenta en forma granulada (por ejemplo Nitrofoska), con dosis de acuerdo al tamaño de la planta y del contenedor, siendo la referencia de 10 a 15 g para contenedores de bolsa de vivero de 5.0 litros y depositándolo en la pared. Y 15 g por planta colocado 10 cm debajo del sistema radical, en el momento de la plantación (Bachiller, 1999).

f) Es recomendable plantarlos en el lugar definitivo antes de los dos años, con altura de 30 a 40 cm, después su desarrollo es más lento. El transplante no debe realizarse nunca con la raíz desnuda tal como lo señala (Lanzara, 1979).

g) Mantenerlos en el suelo con humedad de manera permanente durante todo el año. Esto se consigue plantándolos cerca de un canal, en una ribera o en jardín con riego.

h) Con textura media del suelo (aproximadamente limosa) e irradiación solar de regular a intensa.

i) Es conveniente homogenizar la superficie del suelo, en la plantación en campo.



j) Es necesario protegerlos para que no sean dañados ya que se observó que es difícil de regenerar vegetativamente, lo que significa que le afecta el disturbio ambiental tal como lo señala Earle (2005).

## 8. LITERATURA CITADA

- Antaramían Harutunián, E. s/f. Apuntes Escolares de Climatología y Meteorología. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México. 77 pp.
- Archivo Municipal. 2004. Ayuntamiento de Tlalpujahua, Michoacán. México. pp. 24-26.
- Attenborough, D. 2005. State of the planet. A BBC/Discovery Channel Co-Production. USA.
- Bachiller, A. 1999. Comportamiento de planta de *Pinus pinea* en vivero y campo: Ensayos de técnicas de cultivo de planta, fertilización y aplicación de herbicidas. Revista Sistemas y Recursos Forestales. Madrid. España. 8(2): 336-354. [www.fertiberia.com/informacion\\_fertilizacion/investigacion/organismos/r27.html](http://www.fertiberia.com/informacion_fertilizacion/investigacion/organismos/r27.html).
- Bello Gonzalez, M. A. 1987. Los encinos del Estado de Michoacán, México. Cuadernos de Estudios Michoacanos I. Collection Etudes Mésoamericaines II-9. Centre d'etudes Mexicaines et Centramericaines. México. 95 pp.
- Bernal, G. 2002. Memorias del foro "Rescate del Patrimonio Industrial, Riqueza Minera y Museos de Mineralogía". Comité Mexicano para la Conservación del Patrimonio Industrial, A. C. Museo Tecnológico del Siglo XIX. Mina Dos Estrellas de Tlalpujahua, Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Sociedad Mexicana de Mineralogía. Impresión por Marco A. Hernández Badillo. Tlalpujahua, Michoacán. México. 117 pp.
- Bernal Salazar, S. 2000. Influencia climática sobre la variación radial de caracteres anatómicos de madera en *Abies religiosa*. Colegio de posgraduados. Programa de Botánica. Montecillo, Edo. de México. <http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/myb/res%C3%BAmenes/6.1/bernal%20y%20terrazas%202000r.PDF>. México. 14 pp.
- Bidwell, R. 1979. Fisiología Vegetal. AGT Editor, S. A. México D. F. 784 pp.
- BIOECO. Acceso 2006-03-30. Caracteristiques illustrées de la famille des Pinacées. *Pinus pinea*. (Pin parasol), germination. [http://bioeco.free.fr/photos/source/pinus\\_p3.htm](http://bioeco.free.fr/photos/source/pinus_p3.htm). 1 pp.

- Buckman, H. 1979. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simón, S. A. Barcelona, España. 590 pp.
- Cabrera A. 2003. Suelos. 51 a 54 pp. In: Atlas Geográfico del Estado de Michoacán. Secretaría de Educación en el Estado de Michoacán Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Editora y Distribuidora EDDISA, S. A. de C. V. México. 235 pp.
- Carrasco, I. 1997. Influencia del tamaño de la semilla y diferentes dosis de fertilización sobre el crecimiento y supervivencia en campo de cuatro especies forestales. Actas del II Congreso Forestal Español. Pamplona. Mesa 3: 461-466. Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo". Ministerio de Medio Ambiente. Guadalajara. España. [http://www.mma.es/conserv\\_nat/acciones/mejora\\_genet/pdfs/serranillo/tamano\\_semilla.pdf](http://www.mma.es/conserv_nat/acciones/mejora_genet/pdfs/serranillo/tamano_semilla.pdf) serranillo@dgc.n.mma.es Avda. Menendez Pidal sn. [www.mma.es/conserv\\_nat/acciones/mejora\\_genet/pdfs/serranillo/npk\\_ppinea\\_valladolid.pdf](http://www.mma.es/conserv_nat/acciones/mejora_genet/pdfs/serranillo/npk_ppinea_valladolid.pdf). 2 pp.
- Carrasco, I. 2000. Plantas grandes y mejor nutridas de *Pinus pinea* tienen mejor desarrollo en campo. Actas del Congreso y Simposio del pino piñonero. Valladolid. Escuela de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. Escuela de Ingeniería Técnica Forestal de Madrid. Ciudad Universitaria Centro Nacional de Mejora Forestal "El Serranillo". Ministerio de Medio Ambiente. Apdo. 249. Guadalajara. España 2:195-202. [www.mma.es/conserv\\_nat/acciones/mejora\\_genet/pdfs/serranillo/tamano\\_planta\\_ppinea.pdf](http://www.mma.es/conserv_nat/acciones/mejora_genet/pdfs/serranillo/tamano_planta_ppinea.pdf). 2 pp.
- Coleman, Rick. Acceso 2004-07-10. "Pineing for nuts" Nelson Marlborough Farming - Rural News from New Zealand. [http://www.sp.co.nz/rural\\_news/articles/pinenuts.html](http://www.sp.co.nz/rural_news/articles/pinenuts.html). 3 pp.
- Colinvaux, P. 1982. Introducción a la Ecología. Editorial Limusa. México D. F. 679 pp.
- Correa Pérez, G. 1979. Atlas Geográfico del Estado de Michoacán. EDDISA. Ediciones y Distribuciones, S. A. México. 70 pp.
- Cortes Penagos, C. 1989. Resistencia natural a iones metálicos de la microflora de la Mina de Catingón en Angangueo, Michoacán, México. Tesis Profesional. Escuela de Químico Farmacobiología Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México. 53 pp.
- Coscoja, A. 1998. <http://www.fut.es/~ralturo/coscoja/arbol/pinaceae/ppin.htm>. 5 pp.

- Cronquist, A. 1984. Introducción a la Botánica. Editorial Continental, S. A. de C. V. México. 848 pp.
- Earle, Ch. J. 2005. Gymnosperm Database URL. C - Universität Bonn. Alemania.
  - <http://www.conifers.org/taxa.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pinophyta.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pinales.htm>. 1 pp
  - <http://www.conifers.org/cu/index.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/cu/cup/index.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/cu/cup/lusitanica.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/index.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/ab/index.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/ab/magnifica.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/ab/religiosa.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pic/index.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pic/glauca.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pic/mariana.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pic/omorika.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pic/sitchensis.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/index.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/albicaulis.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/cembroides.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/coulteri.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/culminicola.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/densiflora.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/discolor.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/douglasiana.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/edulis.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/flexilis.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/gerardiana.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/johannis.htm>. 1 pp.
  - <http://www.conifers.org/pi/pin/juarezensis.htm>. 1 pp.

<http://www.conifers.org/pi/pin/koraiensis.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/leiophylla.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/maximartinezii.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/monophylla.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/mugo.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/nelsonii.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/nigra.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/patula.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/pinceana.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/pinea.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/ponderosa.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/pseudostrobus.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/quadrifolia.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/radiata.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/remota.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/rigida.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/sabiniana.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/sibirica.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/sylvestris.htm>. 1 pp.  
<http://www.conifers.org/pi/pin/teocote.htm>. 1 pp.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Acceso 2006-03-01. Non-wood forest products from conifers - chapter 8. Forestry Department [www.fao.org/docrep/X0453E/X0453e12.htm](http://www.fao.org/docrep/X0453E/X0453e12.htm). 15 pp. Pinos para las regiones tropicales. U Aung Din. Dirección de Montes. FAO. Unasyuva - Vol. 12, No 3 - [www.fao.org/docrep/x5388S/5388s03.htm](http://www.fao.org/docrep/x5388S/5388s03.htm). 20 pp.
- Flores, T. 2004. Geología minera de la región NE del Estado de Michoacán. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich. México. 108 pp.
- Font Quer, P. 1961. Botánica 81 a 363 pp. en el Tomo Tercero de la Enciclopedia Labor. Editorial Labor, S. A. Madrid España. 979 pp.

- green.go. Acceso 2004-03-11. Especies forestales de alta demanda en la zona rural. [www.jp/gyoumu/kaigai/manual/bolivia/01technical\\_manual/spanish/attached02.pdf](http://www.jp/gyoumu/kaigai/manual/bolivia/01technical_manual/spanish/attached02.pdf). 10 pp.
- Harris A. S. Acceso 2006-03-30. *Picea sitchensis*. Publications silvics. [http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics\\_manual/Volume\\_1/picea/sitchensis.htm](http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/silvics_manual/Volume_1/picea/sitchensis.htm). 1 pp.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1985. Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. Secretaria de Programación y Presupuesto. México. 305 pp.
- IRNAS Microleis. 2000. Sistema Integrado para la Transferencia de Datos y Evaluación Agro-ecológica de Tierras: Software, documentación, datos básicos y fotos. Modelo Sierra. España. <http://leu.irnase.csic.es/microlei/manual1/proeco/proeco7.htm>. 7 pp.
- Iseli Nursery. 2006, Inc. All rights reserved. <http://www.iseli-nursery.com/Plantdescriptions/Pinusrigida.htm>. 1pp. <http://www.iseli-nursery.com/Plantdescriptions/Pinussylvestris.htm>. 1 pp.
- Krebs, Ch. 1985. Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia. Harla, S.A. de C. V. México D. F. 753 pp.
- La web del árbol. 2006. Arboricultura. *Pinus pinea* L. [http://www.arboricultura.org/fichasarboles/pinus\\_pinea\\_l.htm](http://www.arboricultura.org/fichasarboles/pinus_pinea_l.htm). 3 pp.
- Lanzara, P. 1979. Guía de árboles. Grijalbo. Barcelona, España. 55 pp.
- Lipschitz, N. 1984. The annual rhythm of activity of the lateral meristem (cambium and phellogen) in *Pinus halepensis* Mill and *Pinus pinea* L. IAWA Bulletin new series 5(4): 263-274 pp.
- Madrigal-Sánchez, X. 1982. Claves para la identificación de las coníferas silvestres en el Estado de Michoacán. México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales-SARH. México, D. F. 100 pp.
- Madrigal-Sánchez, X. 1997. Ubicación fisiográfica de la vegetación en Michoacán, México. Revista Ciencia Nicolaita. México. 15: 65-75 pp.
- Member.aol.com. 2004. Pinos exóticos. <http://member.aol.com/Exotplant/Exotengl/Piniengl.htm>. 5 pp.

- Morales, V. 1998. Comercialización de la semilla de piñonero *Pinus cembroides* Zucc. en el Estado de Hidalgo In: II. Simposio Nacional sobre Pinos Piñoneros. Agosto 1987. México. 227 - 232 pp.
- Moreno, P. 1984. Glosario Botánico Ilustrado. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V. México. 300 pp.
- Nearctica . Acceso 2006-03-03. - Native Conifers of North America - Abies magnifica [www.nearctica.com/trees/conifer/abies/Amagni.htm](http://www.nearctica.com/trees/conifer/abies/Amagni.htm). 1 pp.
- Odum, P. E. 1985. Ecología. Nueva Editorial Interamericana, S. A. de C. V. México. 640 pp.
- País, P. 2006. Tratamientos pregerminativos de algunas especies exóticas arbóreas cultivadas en Chile. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. © Copyright SISIB. <http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n10/5.html>. 1 pp.
- Passini, M. 1982. Les Forets de *Pinus cembroides* s.l. au Mexique. Editions Recherche sur les civilisations. Paris. Francia. 361 pp.
- Phillips, R. 1985. Los Árboles. Ed. Blume, S. A. Barcelona. España. 224 pp.
- Piñero Daniel. 2000. El “bolero de Ravel” y la convergencia entre pinos piñoneros de climas mediterráneos en América y Europa. Departamento de Ecología Evolutiva. Instituto de Ecología-Universidad Nacional Autónoma de México. México. [http://www.uv.es/metode/anuario2000/170\\_2000.html](http://www.uv.es/metode/anuario2000/170_2000.html). 1 pp.
- Piñero Daniel. 2001. Estructura genética y evolución en pinos piñoneros mexicanos. Departamento de Ecología Evolutiva. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. <http://ebd10.ebd.csic.es/sci/semecoevo/daniel.html>. 1 pp.
- Plants At GardenBed. Acceso 2004. Korean nut pine. *Pinus koraiensis*. [http://plants.gardenbed.com/49/4848\\_med.asp](http://plants.gardenbed.com/49/4848_med.asp). 1 pp.
- Plants For A Future database report. Acceso 2006-03-03. *Pinus pinea* <http://www.pfaf.org/database/plants.php?Pinus+pinea>. 1 pp.
- PNGA (Pennsylvania Nut Growers Association). 1999. *Pinus pinea*: An edible nut pine of many uses/Australian New Crops. Auckland, New Zealand. <http://www.pnga.net/pinenut.html>. 1 pp.

- Raga, G. 2005. El clima que viene. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. Co-Producción. Antesala, Canal 22. México.
- Rojas Garcidueñas, M. 1985. Fisiología Vegetal Aplicada. McGraw-Hill de México, S. A. DE C. V. México. 302 pp.
- Sánchez, J. 2006 Arboles ornamentales. *Pinus pinea*. España. <http://www.arbolesornamentales.com/Pinuspinea.htm>. 1 pp.
- SARH. 1971 a 1979. Datos de la Estación Meteorológica en El Oro, Estado de México. México.
- Sharashkin L. 2004. Pine nuts: species, products, markets, and potential for U.S. production. In: Northern Nut Growers Association 95th Annual Report. Proceeding for the 95th annual meeting, Columbia, Missouri, August 16-19, 2004. Noah how world of pinenuts. [www.pinenut.com/noha.htm](http://www.pinenut.com/noha.htm). 1 pp.
- Vargas Márquez, F. 1984. Parque Nacional Rayón. Parques Nacionales de México. Michoacan. México. [www.planeta.com/ecotravel/mexico/parques/michoacan2.html](http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/parques/michoacan2.html). 7 pp.
- William, W. Acceso 2006-03-03. *Pinus ponderosa* Dougl. ex Laws. Ponderosa Pine. Courtesy of Silvics of North America. <http://forestry.about.com/library/silvics/blsilpinpon.htm>. 1pp.



## APÉNDICE

### Aspectos económicos

En 1999, el kilogramo de semilla mexicana de *Pinus cembroides*, principalmente se vendió en zonas productoras con un valor muy variable, entre \$35.00 y \$60.00/kg y en grandes almacenes de México a razón de \$75.00/kg, mientras que la vaina (semilla pelada) llegó a alcanzar precios de \$400.00 a \$500.00/kg (Morales, 1998.). Desde entonces a la fecha, alcanza hasta un valor de \$400.00 a \$1000.00 pesos mexicanos.

Con base en los datos de Coscoja (1998) suponiendo un precio de \$500.00, cada hectárea cultivada con un pino europeo productor de semillas comestibles, dejaría de ganancia al año de \$3750.00 (equivalentes a \$341.00 dólares de USA) a \$8000.00 (equivalentes a \$727.00 en dólares USA). Por árbol sería de \$37.50 a \$80.00 pesos mexicanos.



Con base en los datos de Coleman (2004) y de Coscoja (1998), suponiendo un precio de \$500.00 (equivalentes a \$45.45 en dólares USA), una producción de 15 conos en un árbol pesarían 5 kg, darían 1.0 kg de semilla con cáscara y 0.2 kg de semilla pelada con precio de \$100.00 (equivalentes a \$9.00 en dólares USA) y una producción de 45 conos en un árbol pesarían 15 kg, darían 3.0 kg de semilla con cáscara y 0.6 kg de semilla pelada con valor de \$300.00 (equivalentes a \$27.00 en dólares USA).



Un árbol para cortar debe tener una edad mínima de 20 años, dejaría una ganancia de \$750.00 en el mercado ilegal a \$2000.00 comercializado legalmente. Se puede decir que un árbol deja ordinariamente \$1500.00, los que divididos entre 20 años son \$75.00 por año y esto es un valor muy cercano a lo que dejaría la cosecha de piñón en un árbol al año, con la diferencia de que el árbol no se pierde y continúa dando fruto durante 100 años más.

## Constancia municipal de plantaciones de *Pinus pinea*.

A QUIEN CORRESPONDA:  
 FACULTAD DE BIOLOGIA DE LA  
 UNIVERSIDAD MICHOACANA  
 DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

EL C. Regidor de ecología C. Luis Moreno Medrano hace constar que en coordinación con el C. José Bricio Agustín Piñón Becerril se plantaron en el mes de junio del 2004, la cantidad de 125 ejemplares de pinos franceses cuyo nombre científico de la especie es *Pinus pinea* con objeto de investigar su comportamiento y posibilidad de aprovechamiento ecológico, frutal, ornamental y forestal en el Municipio de Tlalpujahua Michoacán. Los citados ejemplares se plantaron dentro del municipio e incluso algunos se plantaron en lugares circunvecinos. Todos los ejemplares fueron obsequiados bajo solo unos requisitos de cuidado, en la plantación y protección de los mismos.

  
  
 Regidor de Ecología  
 C. Luis Moreno

  
  
 Secretaria del H. Ayuntamiento  
 C. Ma. Elizabet Morales Calderón.

Tlalpujahua Michoacán a 23 de julio del 2004

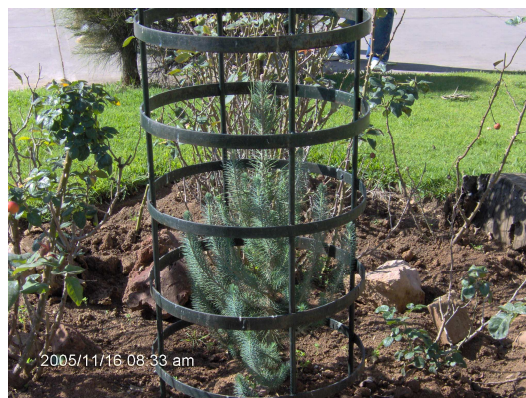


### Constancia de la UMSNH por donación de especies arbóreas.

Bióloga Tohtli Zubieta Rojas  
Directora de la  
Facultad de Biología UMSNH

Mediante la presente se hace constar que el Tesista José Bricio Agustín Piñón Becerril ha donado a esta Ciudad Universitaria 40 plantas de las especies arbóreas siguientes:

- 2 *Juniperus deppeana*
- 1 *Quercus rugosa*
- 3 *Pinus densiflora*.
- 23 *Pinus johannis*.
- 6 *Pinus pinea*
- 2 *Pinus rigida*.
- 3 *Pinus sylvestris*.



La tercera parte de las plantas fueron plantadas por el citado Tesista junto con el Jardinero Daniel, a quien le enseñó la técnica adecuada de plantación así como **las recomendaciones pertinentes para su cultivo.**

Se extiende la presente en la ciudad e Morelia Michoacán, a los días 7 de noviembre del 2006.

  
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLAS DE HIDALGO  
DIRECCION DE SERVICIOS  
GENERALES

Atentamente

  
Ingeniero Silvestre Vargas  
Jefe del Departamento de  
Servicios Generales de la UMSNH,



**Constancia del "Centro Mexicano de Butoh" por donación de especies arbóreas.**



Tlalpujahua, Michoacán, 20 de octubre 2006.

Facultad de Biología,  
Universidad Michoacana de  
San Nicolás de Hidalgo.

El que suscribe, maestro Diego Piñón Navarro, director del Centro Mexicano de Butoh hace constar que el tesista de Biología José Bricio Agustín Piñón Becerril, ha donado a esta institución las siguientes especies arbóreas :

- 2 *Abies religiosa*
- 5 *Cupressus lusitanica*
- 1 *Quercus rugosa*
- 1 *Pinus ayacahuite*
- 2 *Pinus densiflora*
- 2 *Pinus johannis*
- 2 *Pinus maximartinezii*
- 12 *Pinus pinea*
- 2 *Pinus pseudostrobus*

Haciendo un total de 29 plantas, de las que tenemos cuidado dentro de este centro artístico.

Sin otro particular .

Diego Piñón Navarro

Constancia por el “Museo Tecnológico Minero Siglo XIX” de la plantación de dos *Pinus pinea*.



## MUSEO TECNOLÓGICO MINERO SIGLO XIX

Tlalpujahua de Rayón, Mich., a 27 de octubre de 2006.

FACULTAD DE BIOLOGIA  
UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO  
MORELIA, MICH.

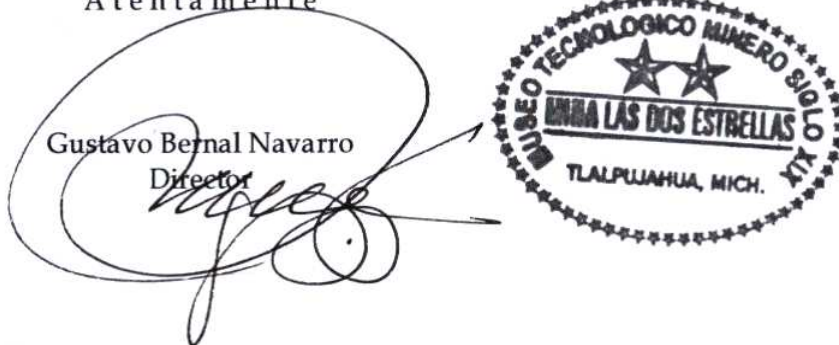
Por medio de la presente, se hace constar que el tesista de Biología **José Bricio Agustín Piñón Becerril**, ha donado y ha estado en atención de dos plantas de especies arbóreas siguientes:

2 *Pinus pinea*

Se extiende la presente, a solicitud del interesado, en Tlalpujahua de Rayón, Michoacán a los 27 días del mes de octubre del año 2006 (Dos mil seis).

Atentamente

Gustavo Bernal Navarro  
Director



C.c.p. interesado  
C.c.p. archivo

**Constancia por el “Instituto Mexicano del Seguro Social” de la plantación de un *Pinus pinea*.**



**Instituto Mexicano del Seguro Social**  
Delegación Regional de Occidente  
Delegación Regional en Michoacán

Facultad de Biología  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
Morelia, Mich.

Por medio de la presente se hace constar que el tesista José Bricio Agustín Piñón Becerril ha donado y estado en atención de un árbol *Pinus pinea* plantado por el mismo en esta institución.

Mencionamos además que:

- El árbol esta ubicado en el jardín interior de esta institución.
- El Jardín cuenta con riego durante todo el año.
- El tipo de suelo es denominado “Lamas” o “Jales Mineros”.
- El año 2005 incremento su altura 50 centímetros.
- Este año 2006 incremento su altura 53 centímetros.
- La altura actual del ejemplar es de 185 centímetros.

Se extiende la presente en Tlalpujahua Michoacán a los 8 días del mes de diciembre del 2006

Atentamente



**UMF 79**

TALPUJAHUA, MICH.

IMSS

  
DRA. EVELIS GUERRA TORRES.

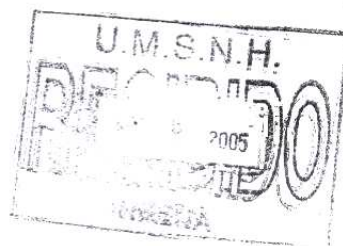
**ENCARGADO DE LA UNIDAD**

**Solicitud de "La Facultad de Biología de la UMSNH" para conservar dos ejemplares de *Pinus pinea*.**



UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE  
SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE BIOLOGIA  
No. Of. 381/005

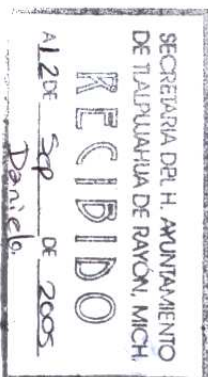


RECIBIDO

2005 SEP -9 AM 10: 57



**C. JOSAFAT BERRIOS MAYA  
PRESIDENTE MUNICIPAL DE TLALPUJAHUA MICH.  
PRESENTE**



La que suscribe **M.C. TOHTLI ZUBIETA ROJAS, Directora de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**, mediante la presente me permito informar a usted:

Que el **municipio de Tlalpujahua, Michoacán, es el primero y único en todo el país** donde se cultiva y experimenta con *Pinus pinea*, especie originaria de la Península Ibérica, y la más importante en el mundo en cuanto a producción de semillas comestibles "piñones".



*Pinus pinea* en el jardín de la Plaza Central de Tlalpujahua, necesariamente protegido con malla y alambre de púas.



Se plantaron con permiso expreso del H. Ayuntamiento anterior dos ejemplares en las jardineras de la Plazuela Lázaro Cárdenas de Tlalpujahua, Michoacán, con el objetivo de una investigación científica que esta siendo desarrollada por el P. BIOL. JOSÉ BRICIO AGUSTÍN PIÑÓN BECERRIL, sobre su posibilidad de aprovechamiento como cultivo frutal alternativo, y por su importancia ecológica y ornamental. Por lo que le solicito de la manera más atenta su apoyo y colaboración para conservar y mantener adecuadamente protegidos dichos ejemplares de *Pinus pinea*.



## Continuación del documento anterior.



UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE  
SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE BIOLOGIA  
No. Of. 381/005

Ponemos a su disposición el teléfono 01 443 3 16 74 12 o atención personal en la Dirección de esta Institución ubicada en el edificio "R" de Ciudad Universitaria, en Morelia Michoacán.

Sin más por el momento, y en espera

ATENTAMENTE

Morelia, Mich., a 6 de septiembre de 2005.

LA DIRECTORA DE LA FACULTAD DE BIOLOGIA

M. C. TOHTLIZUBIETA ROJAS

C.c.p. Delegado Francisco Luna Contreras.  
OFICIALIA DE PARTES  
PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE  
DELEGACIÓN MORELIA MICHOACÁN

C.c.p. Dr. Cs. Otoniel Buenrostro  
DIRECTOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN SOBRE LOS RECURSOS NATURALES  
DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

C.c.p. C. Hipólito Arce Garduño  
REGIDOR MUNICIPAL DE ECOLOGÍA DE TLALPUJAHUA, MICH.

C.c.p. C. JOSE LUIS COLIN SAUCEDO  
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE PUEBLOS MÁGICOS

C.c.p. ARQ. MARCO ANTONIO CALDERON BUSTOS  
JEFE DE ESTUDIOS Y PROYECTOS SECRETARIA DE TURISMO DEL  
GOBIERNO DEL ESTADO DE MICHOACÁN

C.c.p. Comisión Forestal del Estado  
GOBIERNO DEL ESTADO DE MICHOACÁN

C.c.p. C. Pablo Vázquez Rodríguez  
DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE OBRAS DE TLALPUJAHUA, MICH.

C.c.p. CIR. DENT.. Jorge Navarro Mendoza  
SINDICO MUNICIPAL DE TLALPUJAHUA MICH.



Tlalpujahua, Michoacán  
2005 - 2007



Tlalpujahua, Michoacán

12-09-05  
Lino Alvarez



December 06, 2006 10:09:33 AM

Saludos

Querido Bricio:

Muchísimas gracias por tu dedicatoria.

Me alegré mucho al leerla.

Tu tesis me pareció de lo más interesante, muchas felicitaciones.

El que sugieras que las especies locales se sigan cultivando es algo muy importante que muchas veces en los nuevos proyectos se olvida, pero tú si que pensaste en todo.

Y la idea de donar los árboles me parece grandiosa, es un regalo para las futuras generaciones.

En resumen el tema de tu tesis es sensacional, por que brinda beneficios a todos, al medio de ambiente, a los propietarios de los terrenos, en fin de nuevo te felicito de todo corazón y desde acá te envió un abrazo lleno de cariño.

Penélope