



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA**

**DASOMETRÍA Y FENOLOGÍA EN EL *Pinetum*  
“José Mariano Mociño Suárez Lozada”**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO**

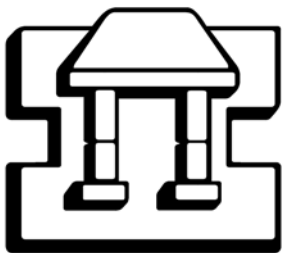
**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**B I Ó L O G O**

P R E S E N T A :

**MA. LOURDES MARTÍNEZ AYALA**



DIRECTOR DE TESIS: M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MEXICO, SEPTIEMBRE DE 2006.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

A MIS PADRES:

José Guadalupe Martínez García  
Carmen Ayala Fulgencio

Por su gran amor y apoyo en elegir el mejor camino.

En especial a ti Madre; que me has dado  
el amor y apoyo inigualables.

A MIS HERNANOS:

Por todo su apoyo y unión familiar.

A MI ESPOSO:

Marcos Gómez Vallejo

Por su amor y paciencia.

A MIS HIJAS:

Diana Nacori y Yazmin, por ser un estímulo más  
de superación.

A MI ASESOR:

M.C. Celestino Flores López, mi más sincero  
agradecimiento, por su desinteresada ayuda y  
paciencia con que me oriento, para ver terminada  
la elaboración de esta tesis.

Mis respetos y mi reconocimiento para todos ustedes.

Y a todos los que han colaborado de alguna manera  
para la realización de esta tesis.

## CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos .....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Descripción el género Pinus en México.....	3
Pinetum .....	10
Dasometría. ....	11
Fenología .....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Descripción del Pinetum .....	19
Localización .....	19
Clima .....	19
Suelo. ....	21
Vegetación. ....	22
Especies de pinos estudiadas. ....	23
Observaciones dasométricas .....	24
Diámetro .....	25
Altura .....	25
Longitud del brote apical del eje. ....	25
Longitud del brote lateral. ....	25
Número de verticilos .....	25
Observaciones fenológicas .....	25
Fase vegetativa .....	26
Fase de estróbilo masculino .....	27
Fase de estróbilo femenino .....	27
Análisis estadístico.....	28
Observaciones dasométricas .....	28
RESULTADOS.....	29
Observaciones dasométricas .....	29
Diámetro a 10 cm de altura .....	29
Diámetro a 1.3 m de altura .....	38
Crecimiento en altura .....	48
Longitud del brote apical del eje.....	56
Longitud del brote lateral .....	66
Número de verticilos .....	74
Observaciones fenológicas .....	79
Crecimiento vegetativo .....	79
Fase de estróbilo femenino y masculino .....	90
DISCUSIÓN .....	98
Observaciones dasométricas .....	98
Crecimiento en altura .....	98
Crecimiento en diámetro a 10 cm y a 1.3 m .....	98
Longitud del brote apical y lateral .....	99
Número de verticilos .....	100

Observaciones fenológicas.....	100
Análisis fenológico de la fase vegetativa .....	101
Análisis fenológico en estróbilos masculinos y femeninos.	102
RECOMENDACIONES .....	104
LITERATURA CITADA .....	105
APÉNDICE.....	108

## RESUMEN

El trabajo trata sobre la capacidad de adaptación de las diferentes especies del género *Pinus* en cuanto a clima y suelo prevalecientes en el lugar, que contribuye al conocimiento de la ocurrencia y periodicidad de eventos y fases de desarrollo, como son; la formación de hojas y emisión de estructuras reproductivas ya que trabajos sobre fenología de pinos en México son muy escasos. Por tal motivo se llevó a cabo la realización de un calendario fenológico, en cuanto a la emisión de estructuras reproductivas del género *Pinus*, para el sitio de estudio del *Pinetum* de Cuautitlán Izcalli estado de México.

En las especies estudiadas en el Municipio de Cuautitlán Izcalli lugar conocido como *Pinetum*, se midieron los parámetros de crecimiento vegetativo en las 25 especies de pinos, evaluación que se realizó con una escala porcentual practicada trimestralmente durante año cuatro meses, así como la dinámica en fenología para los eventos de emisión de estróbilos masculinos y femeninos.

La información que a continuación se describe es importante para los factores que influyen en la adaptabilidad de las especies y variación fenológica entre las mismas, así como su aplicación en actividades técnicas y científicas. De tal forma los calendarios fenológicos construyen en la base para una serie de programas de recolección de semillas, follaje, polen, yemas y muestras de herbario. Así como, dar apoyo a las prácticas de hibridaciones controladas y a las actividades en vivero. Reafirmar el uso de estas especies y contar con las reservas necesarias para que sean aprovechadas.

De lo obtenido, se observa que las especies más adaptadas en el área *Pinetum* según su desarrollo y parámetros de crecimiento, así como su relación con el clima y altitud son: *P. greggii*, *P. tecunumanii*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobus* y *P. pseudostrobus coatepecensis*. Se considera además, que las especies en estudio son jóvenes y la mayoría de ellas presentaron emisión de conos femeninos abortivos, excepto *P. greggii* y *P. jeffreyi* que mostraron la inclinación hacia la maduración de conos.

Con lo obtenido en el estudio y considerando que las especies se mantuvieron casi en condiciones naturales y con escaso riego, las especies que obtuvieron altos rendimientos en su crecimiento y adaptabilidad son, las recomendadas para ser utilizadas en las reforestaciones de la comunidad.

Cabe destacar que es preocupante la situación en el ámbito forestal la existencia de las diferentes especies de pinos ya que algunas de las especies mexicanas se encuentran en peligro de extinción como son; *P. culminicola*, *P. maximartinezii*, *P. pinceana*, *P. johannis*, *P. radiata* var. *binata* y *P. lagunae* entre otros. Por lo que es necesario salvaguardar los recursos naturales.

## INTRODUCCIÓN

Los pinos tienen su origen en el período jurásico de la era Mesozoica, el cual se ha dividido en varios grupos, siendo el género *Haploxylon* el que precede al subgénero *Diploxylon*, distribuidos ampliamente en el hemisferio norte (Mirov, 1967).

En México la forma típica de vegetación en las zonas templadas y frías corresponde a los bosques de coníferas y de latifoliadas localizadas en las montañas, aproximadamente 27.5 millones de hectáreas que producen más del 90% de la madera aprovechada en México, que corresponde al 93% del total a especies coníferas, principalmente *Pinus* (Jiménez y Kramer, 1992). También México es considerado como uno de los países del mundo que mayor diversidad de especies de *Pinus*. Con excepción de los estados de Tabasco, Campeche y Yucatán, que representan un 34 % de la superficie arbolada del país (Niembro, 1986; Romeo, 1995). De las 90 a 120 especies que existen en el mundo, el 50 % habitan en nuestro país (Perry, 1991).

Los investigadores nacionales y extranjeros descubren y clasifican cada vez nuevas especies, formas y variedades. Rzedowski (1978) reporta la existencia de 35 especies en México; Romeo (1995) y Patiño (1973) acepta 39 especies, 18 variedades y 9 formas de este género; y para Jiménez y Kramer (1992), en México se localizan 52 especies del género *Pinus*. Esta enorme riqueza de *Pinus*, se atribuye a la ubicación, gran variedad de suelos, climas y condiciones topográficas del país y al comportamiento ecológico de la especie. La mayoría son comunidades resistentes a heladas, a un largo período de sequía, frecuentes incendios, pastoreo y otros tipos de daños. Se establecen a menudo sobre suelos someros y rocosos, muchas veces pobres en nutrientes y minerales no limitado, sin embargo, a tales condiciones, que son capaces de invadir sitios más favorables y prosperar en ellos (Rzedowski, 1978).

La superficie poblada de pinos en México se calcula en cerca de diez millones de hectáreas, casi un tercio de la producción forestal. La existencia se estima en 285, 769, 555 de árboles, con un volumen de 429, 906, 449 metros cúbicos, con una posibilidad de explotación anual de 14, 330, 214 metros cúbicos. Por lo que la mayor producción forestal, por orden, corresponde a los estados de Michoacán, Durango, México, Jalisco y Chihuahua. Por lo que la gran variedad de especies, pone a México entre los países de mayor producción maderera (Martínez, 1992). En 1972 se explotaron en México 4' 577, 251 m<sup>3</sup> como materia prima para papel y celulosa. Otra parte del volumen explotado se utiliza en la construcción, elaboración de triplay, cajas, duelas, puentes de minas, durmientes de ferrocarril, etc. Las especies maderables más explotadas; *P. engelmannii*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, y *P. ayacahuite*. Con una explotación total en 1972, que fue de 521' 149 toneladas de resina de donde se obtienen 9' 770 toneladas de brea y 2' 140 toneladas de aguarrás; producción que se exporta con buen éxito al extranjero. Las especies más frecuentemente resinadas son: *Pinus oocarpa*, *P. teocote*, *P. michoacana*, *P. leiophylla*, *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, existen también especies piñoneras como el *P. cembroides*, cuyas semillas comestibles son objeto de recolección y comercio siendo el estado de Nuevo León el principal proveedor de piñones de la República (Rzedowski, 1978).



Con lo mencionado, se pretende hacer notar la importancia que tiene la conservación de los bosques, su protección y aprovechamiento racional planificado, que puede ser posible a través de una educación y toma de conciencia sobre este recurso así como los beneficios que proporciona. Pero finalmente los resultados serán más fructíferos si se tiene un conocimiento lo mas completo posible sobre cada una de las especies, sus requerimientos físicos, biológicos y ciclo de vida. Un aspecto importante es, la adaptación de una especie a un determinado sitio, esto implica conocer el crecimiento vegetativo y reproductivo; así mismo, como influyen el clima, la temperatura, la humedad atmosférica, la precipitación y la luz, entre otros, en la capacidad de adaptación de cada especie, ante los cambios estacionales y morfológicos que se presentan de manera gradual en cada especie durante el año. Lo anterior, finalmente forma parte del objeto de la fenología, que es parte del presente estudio.

### **Objetivos**

- 1) Analizar la relación de los parámetros de crecimiento con los factores climáticos durante un año cuatro meses de las 25 especies del *Pinetum* Cuautitlán Izcalli estado de México.
- 2) Determinar las fechas en que se presentan las fenofases durante un año cuatro meses en 25 especies del *Pinetum* Cuautitlán Izcalli estado de México.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Descripción del género *Pinus* en México

Las especies del género *Pinus*, se caracterizan por ser especies monoicas, es decir, las estructuras reproductivas femeninas y masculinas se desarrollan en el mismo árbol, donde generalmente los estróbilos femeninos se encuentran en las ramas de la parte media y superior de la copa, mientras que los estróbilos masculinos se localizan en las ramas de la parte inferior de la copa aunque no es un patrón estricto (Mirov, 1967). Sin embargo la polinización es alógama o cruzada por lo que el polen del árbol es dispersado y llevado por medio del viento a los estróbilos femeninos de otro árbol (polinización anemófila).

La mayoría de las especies del género *Pinus*, que habitan los bosques templados - fríos de México, producen semilla de manera normal, entre los 10 y 20 años. La etapa más productiva de semilla se alcanza a la mitad del período de vida natural de los árboles y a partir de ahí empieza a declinar. Los factores que afectan la producción de semilla son: fisiológicos y climáticos, así como, la presencia de depredadores, plagas y enfermedades.

El género *Pinus*, se explota actualmente con fines de producción y otros se utilizan en la protección a otros recursos; como son la recuperación de suelos, mejoramiento del ambiente y recreación (Bello, 1978).

Las especies establecidas en el área como *Pinetum* proceden de diferentes lugares como son;

Una gran parte de las especies género *Pinus* en México esta representada en el *Pinetum* Cuautitlán Izcalli, en el estado de México, las cuales se describen a continuación (Perry, 1991).

#### Sección *Cembra*

- 1) *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw, de nombre común, pino blanco, pinabete, ocote. Presenta conos que miden de 15 a 45 cm de longitud, sub cilíndricos y curvados, se desarrollan en los estados de Michoacán, Jalisco, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Nuevo León, Sonora y Colima. Su hábitat esta marcado entre los 2, 000 y 3, 500 m. Sus hojas son muy similares a *P. ayacahuite*, es una especie susceptible a ambientes calientes y secos.
- 2) *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, recibe el nombre común, de acalote, ocote, pino. Sus conos miden 45 cm de largo, son colgantes color amarillo marrón o castaño y cuando maduran son resinosos. Se distribuyen en el estado de Jalisco, Morelos, México, Guerrero, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Veracruz. Habita entre 2, 000 y 3, 000 m. Sus hojas son similares a las de *P. ayacahuite*. La longitud de los conos es de 20 a 45 cm, especie susceptible a ambientes calientes y áridos.
- 3) *Pinus ayacahuite* Ehrenb, recibe el nombre común, de pinabete y acalote. Es un árbol que mide de 35 a 40 m de altura y 2 m de diámetro. Sus hojas flexibles en grupos de 5 a 10, con 18 cm de longitud, superficie dorsal verde y márgenes cerrados. Sus conos miden de 10 a 40 cm de longitud y se distribuye en los estados de Chiapas, Guerrero,

Puebla y Tlaxcala. Habitan entre los 2, 000 y 3, 200 m. Especie que no se adapta en ambientes calientes y áridos, siendo el frío la mejor condición para su desarrollo. Sus conos miden de 10 a 40 cm de longitud. Sus hojas son escasamente flexibles en grupos de 5, miden de 10 a 18 cm de longitud, con una superficie dorsal verde brillante y la superficie ventral glauca, con márgenes cerrados muy pequeños.

#### Sección *Paracembra*

##### Subsección *Cembroides*

- 1) *Pinus cembroides* Zucc, de nombre común, piñón, piñonero y nut pine. Es un árbol usualmente pequeño de 5 a 10 m ocasionalmente 15 m de 30 a 60 cm de diámetro y forma piramidal. Sus conos son globosos y simétricos. Se distribuye en la Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Sierra Madre Oriental, Guanajuato, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Habita entre los 1, 500 y 2, 800 m soportando una temperatura de 0 a 22° C. Sus hojas se encuentran en fascículos de 2 a 3 en su mayor parte de 3, frecuentemente curvadas de 3 a 7 cm de longitud y 1.2 a 1.6 mm de ancho, con márgenes lisos. Los conos están agrupados de 2 a 5, con pedúnculos muy pequeños, siendo globosos y simétricos, cuando abren de 3 a 4 cm de longitud y de 3 a 6 cm de ancho. Se utilizan en la dieta humana y reforestación de zonas áridas y semiáridas.
- 2) *Pinus cembroides* sub sp. *orizabensis* Bailey, de nombre común, pino orizaba y piñón, mide de 8 a 10 m de talla. Las hojas se encuentran fascículos de 3, ocasionalmente 4 raramente 2, con 2 a 4 cm de longitud. Sus conos se encuentran en grupos de 2 a 4 globosos y simétricos, cuando abren miden de 3 a 5 cm de longitud y 4 a 6 cm de ancho y al madurar son lustrosos. Se distribuye en Tlaxcala, Puebla y Veracruz. Habita entre los 2, 300 a 2, 600 m. en clima frío y húmedo.
- 3) *Pinus discolor* Bailey y Hawksworth, su nombre común, piñón y próximo a piñón. Mide de 5 a 10 m de altura, su diámetro oscila entre 10 a 50 cm. Presentan 3 hojas por fascículo ocasionalmente 4 y raramente 2, de 2 a 6 cm de longitud y de 1.3 a 1.6 mm de ancho, rectas, delgadas y flexibles, con márgenes enteros. Los conos se encuentran solos y en pares en pedúnculos de 4 a 8 mm de longitud simétricos y muy pequeños, de 2 a 3 cm de longitud y de 3 a 4 cm de ancho cuando abren. Se distribuyen en Sonora, Chihuahua, Durango y S. L. P. Habita entre los 1, 500 a 2, 400 m.
- 4) *Pinus johannis* M. F. Robert, su nombre común es piñón. Son árboles que miden 4 m y otros de 2 a 3 m. Con 3 fascículos ocasionalmente 2 raramente 4, de 3 a 5 cm de longitud y de 0.9 a 1.2 mm de gruesas flexibles, con márgenes enteros. Sus conos son oblongos y totalmente resinosos 4 cm de longitud y de 2 a 3 cm de ancho cuando abren. Se distribuyen en Zacatecas, Coahuila y N. León. Habitan entre los 2, 700 m con temperaturas de 16 °C.
- 5) *Pinus lagunae* M. F. Robert – Passini, de nombre común; nut pine, piñón y piñón laguna. Mide de 12 a 20 m de talla. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 2, en promedio 7 cm de longitud y flexibles. Sus conos son globosos y subglobosos de 4 cm de longitud y 6 cm de ancho cuando abren. Se distribuyen en

el estado de B. C. Sur. Habita a una altitud de 1, 200 - 2, 000 m (restringido). Con una humedad entre los 500 a 600 mm con una temperatura de 29 °C.

- 6) *Pinus culminicola* Andresen et Beaman, sus nombres comunes son, piñón potosí, piñón y piñón enano. Mide de 1 a 5 m de talla y 16 a 25 cm de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5, con superficie dorsal verde, con márgenes enteros, gruesas, rígidas y curvadas de 3 a 5 cm de longitud y 1.0 a 1.3 mm de ancho. Los conos son pequeños y globosos miden de 3 a 4 cm de longitud. Habitan en condiciones semiáridas. Se distribuye a 3, 500 m de altura en los estados de San Luis Potosí, Nuevo León y Coahuila.

#### Subsección *Pinceana*

- 1) *Pinus. Pinceana* Gord, su nombre común es, ocote, piñón y piñón lloroso. Su talla es de 4 a 10 m. Se distribuye de 1, 500 a 2, 300 m en zonas áridas y semiáridas. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 4, con márgenes enteros y delgadas de 6 a 14 cm de longitud, colgantes, verde grisáceos. Los conos son oblongo ovalados de 5 a 10 cm de longitud, colgantes y simétricos, con un color naranja brillante. Habita donde hay humedad de 300 a 400 mm (verano) a una temperatura de 18 °C. Se distribuye en los estados de Coahuila, S. L. Potosí y Zacatecas.
- 2) *Pinus maximartinezii* Rzedowski, su nombre común es, pino grande, pino y ocote. Su talla es de 5 a 10 m de 15 a 25 cm de diámetro. Sus hojas, se encuentran en fascículos de 5 delgadas y flexibles de 8 a 10 cm de longitud y de 0.3 a 0.6 mm de ancho. Los conos son simétricos muy largos y pesados de 18 a 22 cm de longitud y de 10 a 15 cm de ancho, cuando abren son resinosos color ocre amarillento. Su distribución es sólo mexicana en el estado de Zacatecas. Habita entre los 1, 900 y 2, 200 m de altitud.

#### Sección *Leiophyllae*

- 1) *Pinus leiophylla* Schl et Cham, de nombre común, ocote, pino y pino chino. Tiene una altura de 20 a 30 m ocasionalmente 35 m y 35 a 80 cm de diámetro. Presenta fascículos de 5 raramente 4 o 6, miden de 8 a 15 cm de longitud delgadas y flexibles pero no inclinadas. Sus conos maduran hasta el tercer año, simétricos, subglobosos o cónicos de 5 a 8 cm de longitud y se sostienen en grupos de 2, 3 y 4 abren gradualmente y persisten durante 2 a 3 años, después la semilla comienza a caer. Se distribuye en la Sierra Madre Occidental de Oaxaca, Coahuila, Sinaloa, Durango, Nayarit y Colima, Zacatecas, Jalisco, Michoacán, México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Morelos y Veracruz. Habita entre los 2, 200 a 2, 800 m.
- 2) *Pinus lumholtzii* Rob.et Fern, sus nombres comunes son; pino triste, pino amarillo, ocote, pino llorón. Su talla oscila entre los 10 a 20 m, con diámetro de 25 a 50 cm. Sus hojas, frecuentemente se encuentran en fascículos de 3 muy raramente 2 o 4 agrupadas en ramas gruesas, flexibles y absolutamente colgantes de 15 a 30 cm de longitud, ocasionalmente 43 cm de color verde amarillento con márgenes finamente cerrados. Sus conos son cónicos semi - ovoides de 4 a 7 cm de longitud, simétricos, ligeramente color marrón, solitarios y maduran en dos años. Se distribuye en la Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Durango, Sinaloa y Sonora, Zacatecas, Nayarit,

Jalisco, Aguascalientes y Guanajuato. Habitan generalmente a 1, 600 a 2, 400 m de altitud.

### Sección *Ponderosae*

- 1) *Pinus tecunumanii* Schwertfeger, Eguiluz et Perry, su nombre común es ocote. Mide de altura 50 m, con diámetro de 50 a 120 cm. Sus hojas son verde grisáceas, amarillentas de 3 a 5 por fascículo de 14 a 21 cm de longitud, flexibles, erectas e inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Sus conos, son generalmente solitarios y asimétricos, color amarillo grisáceos. Habita en el estado de Chiapas. Se distribuye entre los 1, 500 y 2, 600 m, con una humedad anual de 1, 200 a 2, 000 mm.
- 2) *Pinus jeffreyi* Murr, sus nombres comunes son; pino Jeffrey, pino negro, pino, pino amarillo del oeste. Mide de 40 a 50 m altura, con 1 m de diámetro. Sus hojas, se ubican en fascículos de 3 raramente 2 de color verde grisáceo y de 22 a 28 cm de longitud, con 1.1 mm de ancho, rígidas y erectas. Sus conos son ovoides, cónicos y simétricos de 13 a 17 cm de longitud. Se distribuye en Baja California Norte. Habita entre 1, 500 a 3, 000 m de altitud.

### Sección *Montezumae*

#### Subsección *Montezumae*

- 1) *Pinus arizonica* Engelm, se conoce también como pino y pino amarillo. Es un árbol que mide entre 30 y 35 m. Sus hojas, se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 4 o 5, rígidas y erectas de 12 a 22 cm de longitud. Los conos son ovoides o cónicos, simétricos y erectos de 6 a 9 cm de longitud, cuando maduran se abren y pronto caducan. Se distribuye en la Sierra Madre Occidental, Noreste de Sonora, Sur de Coahuila, Sinaloa y Durango. Esta especie habita entre los 2, 000 y 2, 800 m con una humedad anual de 500 a 600 mm.
- 2) *Pinus montezumae* var. *lindleyi* Loud, sus nombres comunes son; ocote, pino y pino Lindley. Es un árbol por lo general de 30 m, con un diámetro de 50 a 70 cm. Sus hojas, se encuentran en fascículos de 5 son escasas y flexibles de 20 a 30 cm de longitud generalmente inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Los conos son semi - ovalados de 12 a 15 cm de longitud de color marrón claro y curvados en su mayor parte solitarios en pares, con un pedúnculo de 10 mm. Se distribuye en los estados de Jalisco, Michoacán, México, Hidalgo y Puebla, Veracruz, Morelos, Guerrero y Chiapas. Habita entre los 800 a 1, 000 mm y de 2, 000 a 3, 200 m de altitud.

#### Subsección *Rudis*

- 1) *Pinus hartwegii* Lindl, sus nombres comunes son; pino, ocote. Es un árbol de 20 a 30 m de altura y un diámetro de 1 m. Sus hojas generalmente se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 4 o 5, rígidas, flexibles y erectas de 8 a 16 cm de longitud ocasionalmente 5 a 8 cm. Sus conos son semi - ovoides algunos simétricos y curvados generalmente de 8 a 10 cm de longitud ocasionalmente 17 cm ( Colima). Se distribuye en los estados de N. León, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Veracruz,

Morelos, Colima, Michoacán, Jalisco, Oaxaca y Chiapas. Habita entre los 3,000 a los 3,700 m.

#### Subsección *Michoacana*

- 1) *Pinus michoacana* Mart. , pino lacio o pino Michoacán. Es un árbol de 20 a 30 m de altura, con 1m de diámetro. Sus hojas, se encuentran en fascículos de 5 raramente 6 de 25 a 35 cm de longitud, gruesas, flexibles y ocasionalmente erectas algunas frecuentemente inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Sus conos oblongo - ovalados u oblongo - cilíndricos simétricos y otros curvados de 20 a 30 cm de longitud generalmente de 2 o 3 en un pedúnculo y maduran de diciembre a enero, son semi - persistentes después de que la semilla se desprende, se distribuye en los estados de Nayarit, Zacatecas, Jalisco, Colima y Michoacán, Hidalgo, México, Puebla, Morelos, Guanajuato, Tlaxcala, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Chiapas. Habita entre los 1,500 y 2,500 m.
- 2) *Pinus michoacana* var. *cornuta* Mart. , su nombre común es pino blanco, ocote escobeton, pino prieto. Es un árbol de 20 a 30 m y de 50 a 75 cm de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 raramente 6 de 25 a 30 cm de longitud, largas, flexibles inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Sus conos miden de 15 a 30 cm de longitud algunas veces de 20 cm, simétricos, curvados, ocasionalmente rectos color amarillo marrón y se sostienen en pares o en grupos de 3 o 4 en un pedúnculo corto. Se distribuyéndose en los estados de Nayarit, Zacatecas, Guanajuato, Jalisco y Colima, Michoacán, México, Hidalgo, Morelos, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Chiapas. Habita entre los 2,500 y 3,000 m.

#### Sección *Pseudostrobus*.

##### Subsección *Pseudostrobus*

- 1) *Pinus pseudostrobus* var. *lindleyi* Lindl, sus nombres comunes son; pino, pino blanco, ocote. Es un árbol de 30 a 40 m, ocasionalmente 45 m, con 1 m de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 escasamente flexibles e inclinadas de 20 a 25 cm de longitud, con márgenes finamente cerrados. Los conos son ovoides y semi ovoides ligeramente curvados y simétricos de 8 a 10 cm de longitud y 5.7 cm de ancho. Se distribuye en los estados de Jalisco, Michoacán, México, D. F. y Morelos, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas. Habita entre los 1,600 y 3,200 m o elevaciones de 2,000 a 2,400 m, con una humedad anual de 800 a 1,500 mm.

#### Sección *Oaxacana*

- 1) *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* Mart. , su nombre común es pino u ocote. Es un árbol que mide de 20 a 30 m de talla y 90 a 100 cm de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 raramente 6 y de 15 a 18 cm de longitud delgadas, flexibles e inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Sus conos son ovoides oblongo cónicos muy curvados y oblicuos de 12 a 15 cm de longitud, lustrosos color amarillo marrón y maduran en los meses de noviembre a diciembre. Se distribuye en los estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Veracruz y el Estado de México. Habita entre los 1,800 y 2,200 m de altura, con una humedad anual de 1,000 mm.

- 2) *Pinus oaxacana* Mirov, su nombre común es ocote. Mide de 25 a 40 m, con 1 m de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 ocasionalmente 6, de 20 a 30 cm de longitud, inclinadas pero no colgantes, con márgenes finamente cerrados. Los conos son de 10 a 14 cm de longitud, largos y ovalados asimétricos, color amarillo castaño. Se distribuye en los estados de Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Habita entre los 1, 500 y 3, 200 m con una humedad anual de 1, 500 mm.
- 3) *Pinus pseudostrobus* var. *coatepecensis* Mart. , su nombre común es pino y ocote. Su talla es de 20 a 30 m y 1 m de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 ocasionalmente 6 de 20 a 30 cm de longitud, escasas e inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Los conos son ovoides, largos y algunos simétricos de 6 a 9 cm de longitud y de 5 a 6 cm de ancho cuando abren y muy lustrosos. Se distribuye en los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas. Habita entre los 1, 600 y 2, 300 m con una humedad anual de 1, 500 mm.

### Sección *Serotinae*

#### Subsección *Patula*

- 1) *Pinus radiata* var. *binata* Lemm, también se le conoce con el nombre de pino Monterrey o pino. Es un árbol de 10 a 25 m de talla y 40 a 50 cm de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 2 y 3 generalmente 2, color verde brillante, escasas y rectas de 8 a 15 cm de longitud. Sus conos son color marrón y muy lustrosos, asimétricos, oblongo ovoides y oblicuos de 8 a 10 cm de longitud en pares o grupos de 3 a 5 reflexos muy pequeños practícame sésiles y cerrados durante varios años en las ramas. Se distribuye en los estados Baja California Norte y en la Isla Guadalupe. Habita entre los 300 a 1, 100 m y bajo una humedad de 300 mm anuales.
- 2) *Pinus greggii* Engelm, sus nombres comunes son; pino, pino prieto y ocote. Presenta una talla de 10 a 25 m. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 erectas, de 10 a 15 cm de longitud de color verde ligero y márgenes finamente cerrados. Sus conos, son cónico oblongos color amarillo marrón, ligeramente curvados de 10 a 14 cm de longitud, sésiles, tenaces y persistentes a las ramas. Se distribuye en los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz y Puebla. Habita entre los 1, 300 a 3, 000 m con una humedad anual de 600 a 900 mm.
- 3) *Pinus patula* Schl. Et Cham, también se conoce como; pino, pino triste, ocote. Mide de 30 a 35 m de altura y 1 m de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 5 de 15 a 25 cm de longitud, colgantes, color verde, ligeramente amarillentas, con márgenes finamente cerrados los conos son cónicos alargados generalmente curvados y reflexos, de 7 a 10 cm de longitud, sésiles y extremadamente tenaces, con un color amarillo marrón, lustrosos. Los conos maduran durante noviembre a febrero y permanecen cerrados por años. Se distribuyen en los estados de Tamaulipas, Oaxaca, Nuevo León, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Distrito Federal, Tlaxcala y Chiapas. Habitan entre los 1, 500 a 3,100 m con una humedad de 1, 000 a 1, 500 mm anuales.

#### Subsección *Oocarpa*

- 1) *Pinus oocarpa* Schiede, se conoce también como pino prieto, pino colorado y ocote chino. Es un árbol con una altura de 15 a 30 m ocasionalmente 35 y un diámetro de 50 a 70 cm. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 ocasionalmente 3 y 4 de 20 a 25 cm de longitud, largas, cortas, escasas y flexibles, con márgenes finamente cerrados. Los conos de esta especie son muy variables en forma y tamaño de 3 a 4 cm de longitud y maduran de noviembre a enero. Se distribuye en los estados de Sonora Coahuila, Sinaloa, Nayarit, Durango, Zacatecas, Jalisco, Michoacán, Morelos, Guerrero y Oaxaca. Habita entre los 500 y 1,000 m con una humedad anual de 1,000 a 1,500 mm, es una especie que se adapta fácilmente a cualquier ambiente de estrés.
- 2) *Pinus pringlei* Shaw, también se conoce con el nombre de pino rojo, pino y ocote. Es un árbol de 15 a 25 m de talla y 90 cm de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 4 de 18 a 25 cm de longitud y de 1.0 a 1.5 mm de ancho, erectos de color verde ligero, con márgenes finamente cerrados. Sus conos son largos, ovoides y cónicos longitudinales de 5 a 8 cm de longitud, asimétricos y reflexos, con pedúnculo corto. Se distribuye en los estados de Oaxaca, Michoacán, Guerrero, México, Morelos y Puebla. Habita entre los 1,000 a 1,500 mm, con una temperatura de 20 a 25 °C y de 1,500 a 2,500 m de altitud.

#### Sección *Teocote*

- 1) *Pinus teocote* Schl et Cham, también se conoce con los nombres de ocote, pino real, pino chino. Es un árbol con una talla de 8 a 25 m. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 raramente 4 y de 8 a 15 cm de longitud, con 1 mm de ancho y los márgenes finamente cerrados. Sus conos son pálido castaño ovoides y cónicos de 4 a 7 cm de longitud. Se distribuye en los estados de Chihuahua, Chiapas, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo, México, Puebla y Tamaulipas. Habita entre los 1,000 y 3,000 m de altura, con una humedad anual de 600 a 900 mm y una temperatura de 23 a 26 °C.

#### Sección *Caribaea*

- 1) *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Sénécl. Barr. Et Golf. . También se le conoce con el nombre de pino honduras *caribaea*, pino y ocote. Es un árbol que mide de 20 a 30 m con un diámetro de 50 a 80 cm. Sus hojas se encuentran generalmente en fascículos de 3 a 4 raramente de 2 a 5 usualmente erectas de 15 a 25 cm de longitud, color verde amarillento. Los conos son simétricos, cilíndricos, cónico ovoides y ocasionalmente oblicuos. Se distribuye exclusivamente en el Estado de Quintana Roo.



### *Pinetum*

Un *Pinetum* es considerado como una colección científica de pinos de un sitio o región para fines de aclimatación y muestra, es decir se trata de un conjunto de especies de pino que puede ser característico de una región geográfica, entidad ó país.

El *Pinetum*, motivo de estudio se estableció en el año de 1992, mediante un convenio de establecimiento, protección mantenimiento, investigación y educación ambiental, conmemorativo de la expo feria internacional del árbol de Cuautitlán Izcalli, México, con el propósito de concentrar especies de pinos mexicanos, cuyo modelo a seguir, fue el de llevar a cabo un estudio de las especies, que después fue tomado como modelo de reserva ecológica para el municipio.

Las reservas primarias de genes se encuentran amenazadas o en peligro de extinción, motivo por el cual, es necesario conservarlas, para que las generaciones futuras puedan disponer de ellas, con fines científicos, económicos recreativos y educativos (Niembro, 1985). Por otro lado los jardines botánicos y arboretos son áreas aisladas destinadas a la preservación y manejo de plantas, con fines científicos y educativos, sin embargo, una de las mayores desventajas que presentan este tipo de lugares es que las especies que los constituyen por regla general están representadas por uno o varios individuos muchas veces de la misma procedencia. Es decir, la variabilidad genética existente es muy limitada.

Por otro lado existen otros beneficios al establecer un *Pinetum*

- a) Tener los elementos más representativos de especies de pino de un área de interés especial de escala municipal, regional, estatal, nacional o mundial.
- b) Dar a conocer la diversidad natural del género *Pinus* de un área determinada, e incluso de especies introducidas o exóticas.
- c) Difundir los aspectos básicos de la biología de tales especies.
- d) Presentar los diferentes usos industriales, comerciales de artesanías o medicinales.
- e) Servir de apoyo a la formación escolar y cultural del estudiante y población en general.
- f) Ser un medio adicional de concientización y conocimiento ecológico, para que la población respete y fomente la creación de áreas arboladas, útiles a la economía y recreación.

Esta área, ha tenido poco manejo en cuanto a mantenimiento para las especies, iniciando por el riego que practicante ha sido esporádico, sin realización de podas, así como tampoco la aplicación de insecticidas, que controlen las plagas en el lugar, mismo que ha afectado en parte a algunas especies como han sido *P. radiata*, *P. oaxacana* y *P. ayacahuite* entre otras. De hecho el riego para las especies ha sido más abundante para las especies como son, *P. oocarpa*, *P. greggii*, *P. tecunumanii*, y *P. patula*, que son las especies que se encuentran cerca de la toma de agua y son las que tuvieron mayor riego. Por lo tanto los parámetros pueden ser influenciados por el riego y adaptabilidad de cada especie en el lugar, por causa de este último factor.

Dasometría

La dasometría es una rama de la dasonomía que se encarga de la medida de los árboles. En la investigación forestal se emplea para juzgar el desarrollo de árboles o especies bajo distintas condiciones, comparando el crecimiento y la forma bajo distintas condiciones, influenciado por la calidad del suelo y el microclima (Producción Forestal, 1998).

#### Desarrollo e incremento del árbol en altura

El crecimiento en altura se manifiesta en primavera, generalmente comienza con una gran intensidad, que dura de dos a tres semanas posteriormente decrece gradualmente y en algunas especies se interrumpe, en otras se presenta sin esa interrupción hasta septiembre u octubre. La variación en el crecimiento en altura en árboles individuales, se debe probablemente a su diferente reacción al foto período (Klepac, 1976).

Las especies pueden exhibir diferentes ritmos de crecimiento ya que el aumento total depende de varios factores como; el genotipo, calidad de estación, ambiente, calidad de suelo, con un crecimiento característico menos influenciado por el ambiente en altura, que en el diámetro. La culminación del incremento en altura ocurre más pronto en brotes de cepa, que en árboles provenientes de semilla. Sin embargo, el ritmo de incremento en brotes de cepa comienza a descender mas pronto y disminuye de manera más rápida que los provenientes de semilla. Para ello, el incremento en altura, es de gran importancia la calidad de reservas materiales que acumula el árbol durante el último año. Por lo que, el factor genético individual es el más importante.

#### Desarrollo e incremento del árbol en diámetro

El incremento anual en diámetro depende también de la cantidad de reservas materiales acumuladas por el árbol durante el año, pero depende más del ambiente, que el crecimiento en altura, dentro de ciertos límites. Con ello, el incremento en diámetro es mayor cuando hay más espacio y más luz (incremento condicionado por el espacio libre debido al aumento de la luz). Esto es característico del crecimiento en altura, cuando es menos influenciado por el ambiente que en diámetro (Klepac, 1976).

#### Fenología

La fenología es la ciencia que estudia la presencia temporal de los eventos biológicos y su relación en el tiempo con los factores bióticos y abióticos. Reviste un carácter rítmico y periódico (tanto en plantas como en animales) y su relación con los cambios climáticos dentro del ciclo de vida de estos organismos. Por lo tanto, la fenología tiene que ver con la emisión de estructuras reproductivas, fructificación, maduración de semillas y dispersión, rompimiento de latencia, inicio y desarrollo del crecimiento vegetativo de tallos y raíces, en cuyo ritmo son determinantes los factores climáticos (Cedeño y Espinoza, inédito; Lieth, 1974; Ramírez y Nepamuceno 1986). Constituye además un conocimiento básico alrededor de una especie, en general, donde el ciclo vegetativo compite con el ciclo reproductivo durante la sucesión de las diversas fenofases. La fenología es de tal forma la aproximación a la descripción de las respuestas exteriores de las plantas a los estímulos ambientales, en particular climáticos (Mejía, 1990) . Por lo que el proceso fenológico se fundamenta en las variaciones fisiológicas y sus relaciones e interacciones con el medio ambiente biótico y abiótico (Bello, 1988).

La importancia del conocimiento fenológico de las especies vegetales, se ha reconocido gradualmente a través del tiempo ya que permite identificar los fenómenos de emisión de estructuras reproductivas, germinación y dispersión de las semillas, así como, el estado vegetativo y brote de yemas, con la perspectiva de lograr un mejor manejo y conservación. La fenología genera información sobre las variaciones que ocurren en las plantas, para entender las respuestas de estas, a las condiciones climáticas y dinámica de las comunidades vegetales. Los estudios fenológicos permiten prever diversos aspectos orientados hacia un mejor aprovechamiento de los recursos forestales, tales como, la recolección de semillas y material vegetativo para su propagación (Bello, 1988). Por lo que es preciso realizar una serie de observaciones fenológicas durante varios ciclos, lo cual, permite elaborar un calendario de fases para el mejoramiento de masas forestales (Bello, 1978). El conocimiento de la fenología de las especies del género *Pinus* permite planear las colectas de semillas que requieren los programas de producción de planta en vivero, lo cual es necesario para el establecimiento de plantaciones forestales (Prieto y Quiñónez, 1993).

Es importante recalcar que el período de la emisión de estructuras reproductivas, puede variar algunas veces de un año a otro y de una a otra localidad debida principalmente a las variaciones en el ambiente. La mayoría de las especies de clima templado emiten sus estructuras reproductivas una vez al año, pero algunas especies tropicales pueden hacerlo varias veces en ese mismo período.

El período y duración de los eventos fenológicos están relacionados directamente con la época del año y condiciones climáticas que prevalezcan (Prieto y Quiñónez, 1993). El estudio fenológico de pinos en México es escaso, por lo que el presente puede ser de gran ayuda para la continuación en la investigación del género *Pinus*. El comportamiento fenológico de la emisión de estructuras reproductivas, que se ve influenciado tanto por el microclima prevaleciente con los individuos, como por el macro clima, lo que da como resultado que año con año haya uniformidad en la expresión de los eventos, pero conforme avanza la época a nivel de estadio fenológico permanece una enorme variabilidad entre los individuos. Por lo que entre rodales o poblaciones es más factible encontrar diferencias fenológicas (Ramírez y Nepomuceno, 1986).

En general las especies de pinos tienen una capacidad limitada para persistir indefinidamente, producen abundantes semillas solo cuando son desplazadas por competencia con otras especies, correlacionadas positivamente con la producción de semillas y el desarrollo vigoroso de la copa. Por lo que, el ambiente físico restringe el crecimiento, especialmente por imposición de barreras climáticas. Las heladas y sequías son las principales barreras que actúan como presión selectiva para las plantas, desarrollando diversas estrategias de desarrollo de brotes. Por otro lado, las condiciones moderadas favorecen el crecimiento libre junto con la ausencia de estructura de reposo. Por lo que el crecimiento libre es reemplazado por uno fijo. Así la diversidad de las especies esta sujeto a las condiciones ambientales (Lanner, 1986).

#### Tipos de fases fenológicas

Caracterización de eventos y estadios fenológicos del ciclo reproductivo y del crecimiento vegetativo, según la clasificación de Fournier (1974).

#### Estróbilos masculinos

- a) juvenil; emisión de estructuras reproductivas apenas distinguibles, o ya distinguibles regularmente en la parte inferior de la copa.
- b) En desarrollo; elongación de estructuras reproductivas, se caracteriza por su coloración intensa y por romper el pergamino protector.
- c) Maduro; estróbilos totalmente conformados, de coloración indicativa de maduración.
- d) Senil; cuando inicia la liberación de polen, o incluso que lo han liberado totalmente, con coloración indicativa de pérdida de humedad.

#### Estróbilos femeninos

- a) Juvenil; emisión de estructuras reproductivas imperfectamente distinguibles, o incluso no distinguibles ( incluidas dentro o fuera de la ramilla de crecimiento ).
- b) En desarrollo; estróbilos que emergen de la ramilla por medio del crecimiento al pedúnculo.
- c) Maduros; es cuando la estructuras reproductivas están bien desarrollada, con las escamas parcial o totalmente receptivas (abiertas).
- d) Senil; cuando las estructuras reproductivas han cerrado totalmente las escamas, incluso se distinguen como conillos diminutos.

#### Fructificación

- a) Juvenil; los conillos bien formados han crecido un poco, para permanecer durante un tiempo en estado “ latente”
- b) En desarrollo; los conillos en elongación han efectuado la fecundación. Se realiza la formación de la apófisis de las escamas.
- c) Madura; los conos totalmente desarrollados tienen su ápice totalmente formado, coloración generalmente verde.
- d) Senil; cuando los conos presentan dispersión parcial o total de la semilla.

#### Crecimiento vegetativo

- a) Juvenil; cuando las yemas están en latencia y presentan catáfilos.
- b) En desarrollo; yemas que han roto su latencia y presentan elongación inicial.
- c) Maduro; yemas totalmente elongadas, con acículas parcial o totalmente crecidas, de coloración más tenue que las hojas verdes.

d) Senil; yemas que han finalizado su crecimiento, presentan la formación de catáfilos y sus acículas son de igual coloración que las viejas.

#### Fenología de *Pinus* en México

Las observaciones y calendarios fenológicos (en los que las estaciones del año no son marcadas por fechas de calendario, sino como un grupo de eventos fenológicos), fueron usados en la agricultura hace aproximadamente 1, 000 años en China y Roma. El término fue propuesto a mediados del siglo XIX por el botánico belga Charles Morren (1859-1860). Sin embargo, se reconoce como padre de la fenología moderna y de trabajos sobre observaciones fenológicas al botánico sueco Carolus Linnaeus, quien estableció métodos correctos para la ordenación de las observaciones anuales, en el cual se cita la época del brote vegetativo, floración, fructificación y caída de hojas. La fenología tuvo un rápido auge, por ser un importante instrumento en los planteamientos agrícolas y económicos empezando, con la elaboración de calendarios en emisión de estructuras reproductivas y fructificación, reconocida también como un buen instrumento en agro meteorología (Bello, 1978).

En la mayoría de los casos los estudios fenológicos descriptivos se han basado en características morfológicas o de comportamiento, las cuales son fáciles de observar en la naturaleza. Así como, las observaciones fenológicas clásicas fueron únicamente cualitativas y recientemente cuantitativas denominado a este último como, el concepto de análisis de crecimiento.

Shaw (1909) señala que *P. pringlei* emite sus estructuras reproductivas en noviembre o a principios de diciembre, más pronto que *P. oocarpa* y *P. greggii* al concluir la primera estación. *P. leiophylla* presenta fructificación trianual, como lo señala Perry (1991).

Martínez (1948) menciona que para *P. chihuahuana*, *P. leiophylla*, y a veces en *P. teocote*, presenta yemas adventicias en el tronco y ramas primarias, que dan origen a las ramillas que se observan en estos pinos.

Sarvas (1962) realizó un estudio climatológico de emisión de estructuras reproductivas en árboles, donde las condiciones climáticas son un factor determinante en la variación de la floración y su abundancia, así como, el proceso de emisión de conos durante el año. Este autor establece, que la emisión de conos es precedida por lluvia de verano, más abundante que aquella precedida por frío de invierno, siendo para la primera una mejora para su producción y la segunda problemática para la emisión de estructuras reproductivas dividiendo el factor climático en tres grupos:

- a) Efecto del factor climático en la emisión de conos, desarrollo y maduración.
- b) El papel del clima, como factor en el inicio de la formación de estróbilos, con la maduración de estróbilos y conos.
- c) El efecto del clima, como factor en el proceso de la formación de estróbilos floración del mismo.

Los estudios anteriormente señalados se describen en secuencia según la fase de crecimiento, comenzando por la fase vegetativa y posteriormente la reproductiva. Finalmente los factores naturales que influyen en el desarrollo de algunas especies de pinos han sido descritas como base para la realización del estudio.

Lanner (1966), realizó observaciones sobre la fenología y estudio de desarrollo de los pinos introducidos en Hawaii, destaca que las especies introducidas en esa región, que es un hábitat no natural, frecuentemente se desarrollan y crecen. En el ciclo estacional del crecimiento y la emisión de estróbilos, influyen las condiciones climáticas prevalecientes, tratando de definir a través del estudio el comportamiento no usual entre algunas especies en términos de la interacción entre ellas y su nuevo ambiente. Adicionalmente señala que la ocurrencia de la fase de yemas reproductivas para algunas especies introducidas como; *P. patula*, *P. ayacahuite*, *P. leiophylla* y *P. montezumae*, se presenta entre los meses de diciembre a mayo.

La emisión de estructuras reproductivas, para las especies nativas de México se presenta en los meses de enero a abril y la maduración de conos de octubre a febrero. Para *P. arizonica* de marzo a abril (Coyoacán, D. F.), para *P. ayacahuite* en mayo (Tlaxcala, D. F. Guerrero), en tanto que para *P. ayacahuite veitchii*, es de abril a mayo (D. F. Puebla, Michoacán), en *P. cembroides* de marzo a abril (D. F. Puebla), para *P. greggii* de enero a marzo (Hidalgo, Querétaro, D. F.), *P. hartwegii* de marzo a abril (México, Puebla), en *P. leiophylla* de febrero a abril (Michoacán, Morelos, Puebla) y para *P. michoacana* de febrero a marzo (Michoacán y Oaxaca), para *P. oocarpa* de noviembre a febrero (Chiapas, Oaxaca, Michoacán y Jalisco), *P. patula* de enero a abril (Veracruz, Michoacán, Hidalgo, Querétaro, Tamaulipas, Puebla), *P. pringlei*, en febrero (Oaxaca y México) y *P. teocote* de febrero a abril (Michoacán, Puebla, Oaxaca, D. F. Hidalgo, Querétaro), indica además que *P. greggii* tienen un período juvenil (inicio de reproducción) relativamente corto de dos a tres años al igual que *P. ayacahuite* y *P. patula* tarda de 10 a 15 años para iniciar su reproducción (Patiño, 1973).

En el estudio fenológico de *P. caribaea* variedad *hondurensis* con respecto la emisión de estróbilos, indica que el patrón de crecimiento predominante, es la presencia de conos femeninos en la copa del árbol, en tanto que los masculinos son menos numerosos y ubicados en las ramas laterales del árbol con emisión de brotes en julio y la de los femeninos un poco antes. La floración de *P. caribaea* variedad *hondurensis* puede ocurrir en muchos lugares desde un invierno seco, hasta los lugares más calientes y de tierras bajas. El tiempo de producción de estructuras reproductivas se lleva al cabo de muchas semanas. Los conos femeninos de *P. caribaea*, en el hemisferio norte son receptivos en el mes de junio y en Honduras son entre diciembre y marzo. El lapso de tiempo entre la receptividad, brotación de yemas reproductivas floración y maduración de conos, es aproximadamente de 18 a 21 semanas. En tanto que el mes de maduración va de acuerdo a la localidad, que puede ser en junio en Nicaragua y Honduras. En Guatemala en julio y en Cuba en junio y julio. En las Bahamas en el mes de agosto (Lamb, 1973).

Bello (1978) describe los efectos producidos por el foto período en el crecimiento vegetativo de *P. patula* y de *P. montezumae*. Concluye que el crecimiento en altura para las dos especies de pino fue altamente significativo en el tratamiento de 24 horas de luz. Siguen en importancia los tratamientos de 16 a 14 horas, el menor crecimiento en altura registrado en los tratamientos de 10, 8 y 6 horas de iluminación. De estas observaciones pudo concluir que la duración del día (horas luz) es, un factor primordial en la determinación del inicio y culminación del crecimiento en las yemas. En cuanto a fenología señala que *P. radiata* var. *binata*, desprende polen en marzo en su ambiente natural. En cuanto al inicio del estado vegetativo señala que para *P. pringlei*, es en noviembre, *P. oocarpa* en junio y *P. michoacana* en abril. Señala además que *P. oocarpa*, presenta su período reproductivo en enero, febrero y marzo y para *P. michoacana* en marzo, para la emisión de estructuras reproductivas masculinas. Y para

la emisión de estructuras reproductivas femeninas en mayo, junio y mediados de primavera para *P. michoacana*.

Vela (1980) reporta que la emisión de estructuras reproductivas de *P. patula*, es variable entre la aparición de conos masculinos y los femeninos a fines de febrero y principios de marzo los conos masculinos empiezan a desarrollarse y alcanzan su madurez a mediados del mismo mes, fecha en que el polen queda en libertad, de esta forma se observa polinización entre el 15 y 25 de marzo, período que coincide con las observaciones hechas por algunos investigadores en varias localidades del país. Una vez efectuada la polinización los conos masculinos se secan y caen, mientras los femeninos permanecen en el árbol sin aumentar el tamaño hasta la primavera del siguiente año, cuando después de realizada la fecundación comienzan a crecer. Además señala que la fructificación, en *P. patula* es en los meses de marzo y abril, cuando se aprecia el desarrollo de conos, mismo que se continua durante la primavera y el verano, de tal manera que en el otoño la semilla madura y esta lista para su recolección. En su estudio fenológico en *P. patula*, indica que es una especie de crecimiento binodal formando dos internudos durante el año y crecimiento uninodal en los árboles viejos. A fines del invierno las hojas del primer internudo brotan alcanzando su madurez durante la primavera. En mayo se inicia la formación del segundo internudo con la consiguiente aparición de nuevas hojas, que maduran entre junio y julio, tiempo en que caen las que aparecieron a principios del año.

Lanner (1986) realizó un estudio de los patrones de crecimiento en una sección de pinos piñoneros y *P. caribaea*. En *P. caribaea* el patrón se caracteriza por un ciclo de crecimiento anual, que incluye la iniciación y elongación traslapadas por varias yemas temporales sin una estación de crecimiento definido o período de reposo. Para piñoneros el patrón de crecimiento se caracteriza por la adición de un brote pequeño al brote de primavera. En los piñoneros el patrón esta limitado a los brotes vigorosos y es muy común en brotes portadores de conos femeninos. Además señala que el crecimiento de los brotes de pino, suelen representarse como la elongación de una yema durante la primavera, producida en el verano del año anterior, específicamente en México. La longitud potencial de un brote de primavera, es determinado durante el verano anterior mediante el número de unidades del tallo, presentes en la yema de invierno. Por lo tanto, es necesario conocer cuándo es el momento crítico de la formación de las unidades del tallo. De esta manera, es posible manipular los procesos de formación de la yema, para lograr mayores rendimientos. Para evaluar la influencia de los factores ambientales en el crecimiento en altura, los cuales deben ser considerados en el período crítico de la formación de las yemas, necesario para especies individuales.

Ramírez y Nepamuceno (1986) realizaron un estudio fenológico con tres especies de coníferas en la región de los "Altos de Chiapas", las especies en estudio fueron seleccionadas de acuerdo a su carácter dominante, por su aspecto morfológico y sanitario. En cada una de las localidades eligieron 10 árboles, con una distancia mínima entre sí de 200 metros. Para lo cual utilizaron una metodología porcentual evaluando cada árbol de manera individual.

Durante todo el ciclo biológico se estuvo observando el ciclo reproductivo, que incluye desde la brotación de yemas reproductiva, polinización y la dispersión de la semilla producida, además el crecimiento de las yemas vegetativas. Los datos presentados corresponden a períodos mensuales y quincenales. Para *P. montezumae*, lograron hacer cuatro observaciones en dos meses en la época en que emergen las yemas reproductivas. En *P. ayacahuite*, se realizaron en dos meses, con la variabilidad de estructuras reproductivas, que se interpreta como una estrategia de especies, para mantener una adecuada polinización cruzada, que implica a su vez un aumento de

la heterosigocis y de la variabilidad genética. De tal manera, el comportamiento fenológico de las estructuras reproductivas, se ve influenciado tanto por el microclima prevaleciente con los individuos, como por el macro clima lo que da como resultado que año con año haya uniformidad en la expresión de los eventos, pero conforme avanza la época a nivel de estadio fenológico, permanece una variabilidad entre los individuos.

Para *P. montezumae*, las estructuras reproductivas masculinas se presentan en marzo y en el siguiente mes la mayor parte están completamente maduros, con la mayor intensidad de estadio de estróbilos maduros, en la segunda quincena de abril y los estróbilos femeninos en mayo. En abril, la mayoría de las yemas femeninas se encuentran en desarrollo y el estadio completamente maduro alcanza su máxima expresión en la segunda quincena de mayo. El evento de fructificación, se presenta en los meses de junio a septiembre del mismo año y de octubre a enero la dispersión de la semilla. De acuerdo a los valores obtenidos en las mediciones de la fase vegetativa, señala que los estadios de latencia se enmarcan en los meses de septiembre a febrero. Por lo que los períodos reproductivos quedan enmarcados en los meses de abril a mayo.

En la dinámica de los eventos fenológicos de *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*, indican que las yemas de estróbilos masculinos se manifiesta en febrero y con mayor intensidad de marzo a abril, cuando la mayor cantidad de estróbilos masculinos maduros. La emisión de estróbilos femeninos, se inicia también en febrero, con desarrollo lento y mayor intensidad de estróbilos maduros de marzo a abril. Así la evaluación de estadios de la fructificación en el estudio de dispersión de semilla, se realiza entre noviembre y enero. Mostrando crecimiento vegetativo de octubre a diciembre, con crecimiento de yemas y acículas de enero a septiembre.

Para *P. ayacahuite*, el inicio y termino de la fase reproductiva, se da en mayo de un año a otro. En el mes de abril, inicia la emergencia de primordios foliares, cuando sus ramillas están totalmente elongadas, con la emisión de estróbilos masculinos que surgen en abril y emisión de estróbilos femeninos, con mayor intensidad en la primera quincena del mes de mayo. Además, señala que cada especie mantiene sus conos juveniles durante la época de lluvias y se desarrollan al efectuarse la fecundación y haber terminado la época invernal como en *P. montezumae* y *P. ayacahuite*, pero no en *P. pseudostrobus* var. *oaxacana* ya que su fecundación la realiza antes de la etapa invernal.

Zavala (1987), en su estudio de *P. cembroides* en la primera etapa del desarrollo de conos femeninos señala que el brote anual se compone de un brote de primavera y uno de verano, ambos constituyen el 90 % y 10 % respectivamente del brote anual, el de primavera se inicia en abril y alcanza su mayor longitud en julio. El brote de verano se inicia en abril, su longitud y crecimiento no difieren con la exposición, las acículas de ambos brotes difieren en fechas de iniciación y crecimiento, pero son mas tempranas y de mayor longitud las de primavera, con la iniciación de primordios de conos femeninos de septiembre a finales de octubre en 1985 y un mes mas temprana en 1986.

Bello (1988) realizó un estudio tomando en cuenta condiciones metodológicas para estudios fenológicos en bosques templados de coníferas para lo cual, baso su metodología en aspectos ecológicos y aspectos fenológicos. Los aspectos ecológicos están enfocados básicamente a la selección y condiciones del sitio, selección, número de individuos, levantamiento topográfico para el cálculo de la superficie del sitio en estudio y determinar la equidistancia entre árbol y árbol mediante el análisis de vegetación, suelo y observaciones meteorológicas. Los aspectos fenológicos los divide en la forma del registro, que es la forma



especial para el registro de los datos fenológicos. Dada la duración de dos años del ciclo reproductor de las coníferas, es conveniente que se realicen observaciones durante estos ciclos, con períodos de observación mensual. Sin embargo, señala que existen ligeras variaciones en tiempo y duración de las fases fenológicas entre los árboles, sobre todo en el período de la floración y fructificación, para lo cual sugiere observaciones quincenales.

*P. cembroides* desprende el polen en el lapso de cuatro a seis semanas, más rápido que *P. discolor*. En *P. oaxacana* la floración es en febrero y en *P. lagunae* se presentan estructuras reproductivas y polinización a mediados de mayo y junio. Indica, que después de la emisión de estructuras reproductivas, los conos maduran de finales de agosto a principios de septiembre (Perry, 1991).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del *Pinetum*

En el *Pinetum* las 25 especies de pinos motivo de estudio se encuentran divididas en 8 secciones, mismas que están distribuidas en grupos de cinco árboles por especie. Algunas parcelas cuentan con tres o menos árboles, las cuales de igual manera fueron consideradas en este estudio. Los árboles fueron distribuidos en cuadrados con cinco metros de distancia entre ellos y uno al centro del cuadrado, método de siembra conocido como; “cinco de oros”. Todos los pinos fueron especies plantadas en el año de 1992, algunos pinos fueron producidos en vivero y otros extraídos con cepellón de su hábitat natural. Para lo cual se tomo en cuenta el buen desarrollo aéreo y radicular, que estuviera libre de plagas y enfermedades y de una talla mínima de 1 a 1.5 metros de altura. Las diferentes especies de pinos, fueron donadas por el Centro de Genética Forestal A. C., Probosque. S.A.R.H. de Jalisco, Baja California Norte, Hidalgo, Oaxaca, Zacatecas, Michoacán y Chihuahua. La creación y establecimiento del mismo fue a través de un convenio entre Probosque, el H. Ayuntamiento de Cuautitlán Izcalli y la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, con el objeto de asegurar la protección y conservación del *Pinetum*, así como para el desarrollo de investigaciones varias sobre temas de desarrollo tecnológico, adaptación, fructificación, entre otros,, así como para el desarrollo de visitas escolares y población en general. López et al (1992).

### Localización

El área donde se encuentra el *Pinetum* esta ubicada en la rivera Noreste del lago “Espejo de los Lirios”, en la colonia la Perla del municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, entre la Avenida Constitución y las Avenidas Izcalli y Nopaltepec. Cuenta con una superficie de 7,310 m<sup>2</sup>, sus coordenadas son: 19° 40' Latitud Norte y 99° 11' Longitud Oeste y una altitud de 2, 300 m.s.n.m. (Figura 1 y 2).

### Clima

Los datos climatológicos que aquí se aportan corresponden a los registrados en la estación climatológica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4 UNAM, en un período de 6 años 1987-1993; temperatura anual 14 ° C, con la presencia de temperaturas mas altas en el mes de junio 17.4 ° C y las mas frías en el mes de diciembre 11.66 ° C, se observa también que el mes más seco corresponde a diciembre con una precipitación de 0 mm. Y durante el período de evaluación de enero de 1995 a abril de 1996 (Figura 3), la temperatura anual fue de 13. 9 ° C. Con la presencia de temperaturas más altas para el mes de mayo 18. 8 ° C y las más frías en el mes de enero, 10.5 ° C. Se observa que el mes más seco corresponde al mes de enero de 1996 con 0 mm y el mes más húmedo en agosto con 213.2 mm. El Clima registrado es templado sub húmedo el mas seco de los sub húmedos con sequía intraestival, verano fresco, largo, con poca oscilación de temperatura; Cwo w”b (í’); según la clasificación de Köpen modificada por García (1973).

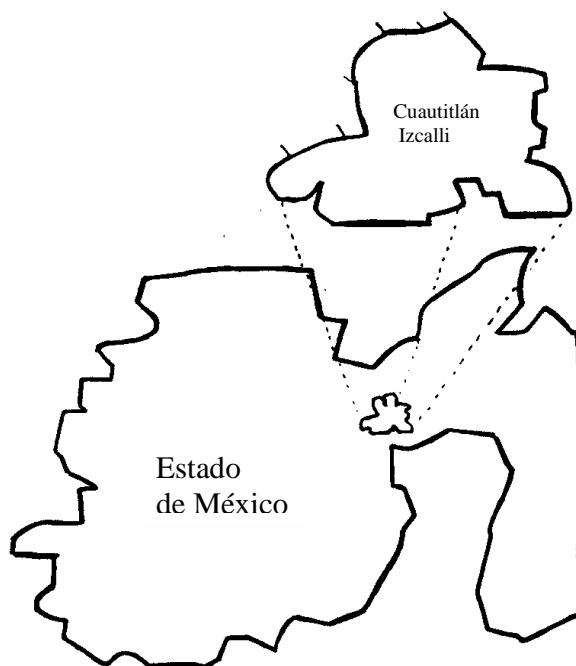


Figura 1. Localización de Cuautitlán Izcalli Estado de México.

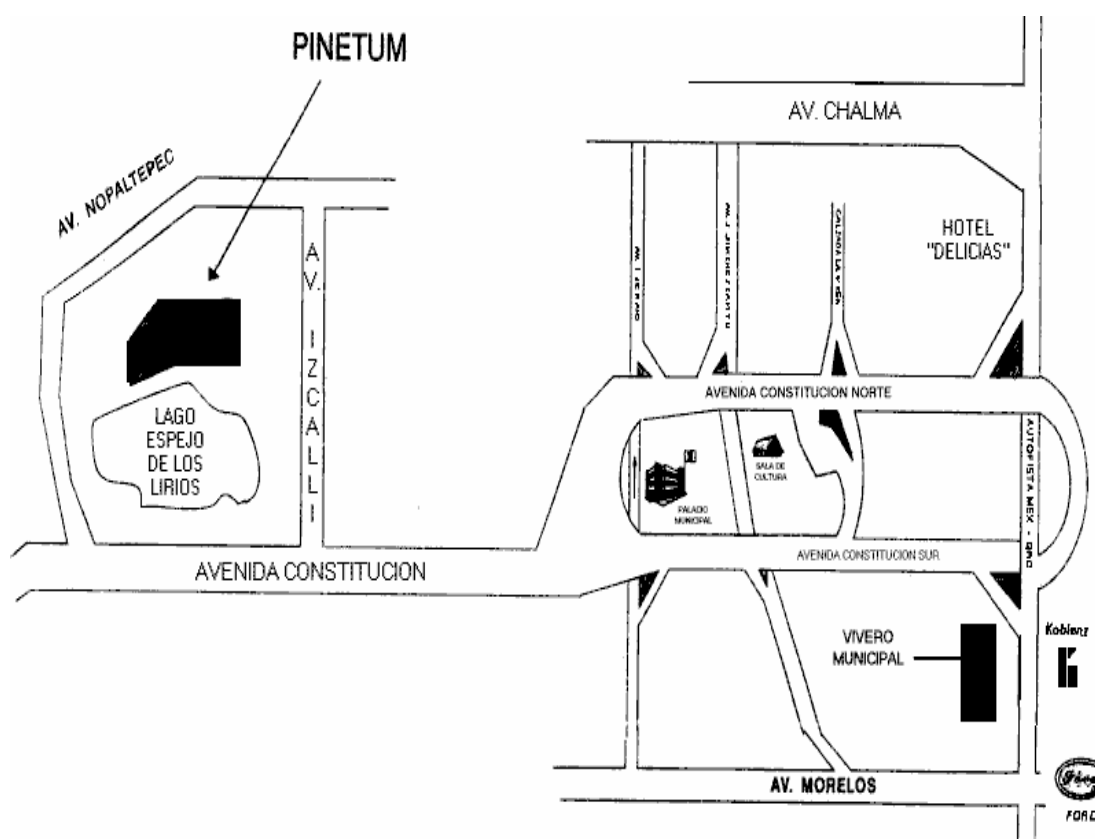


Figura 2. Localización del área *Pinetum*.

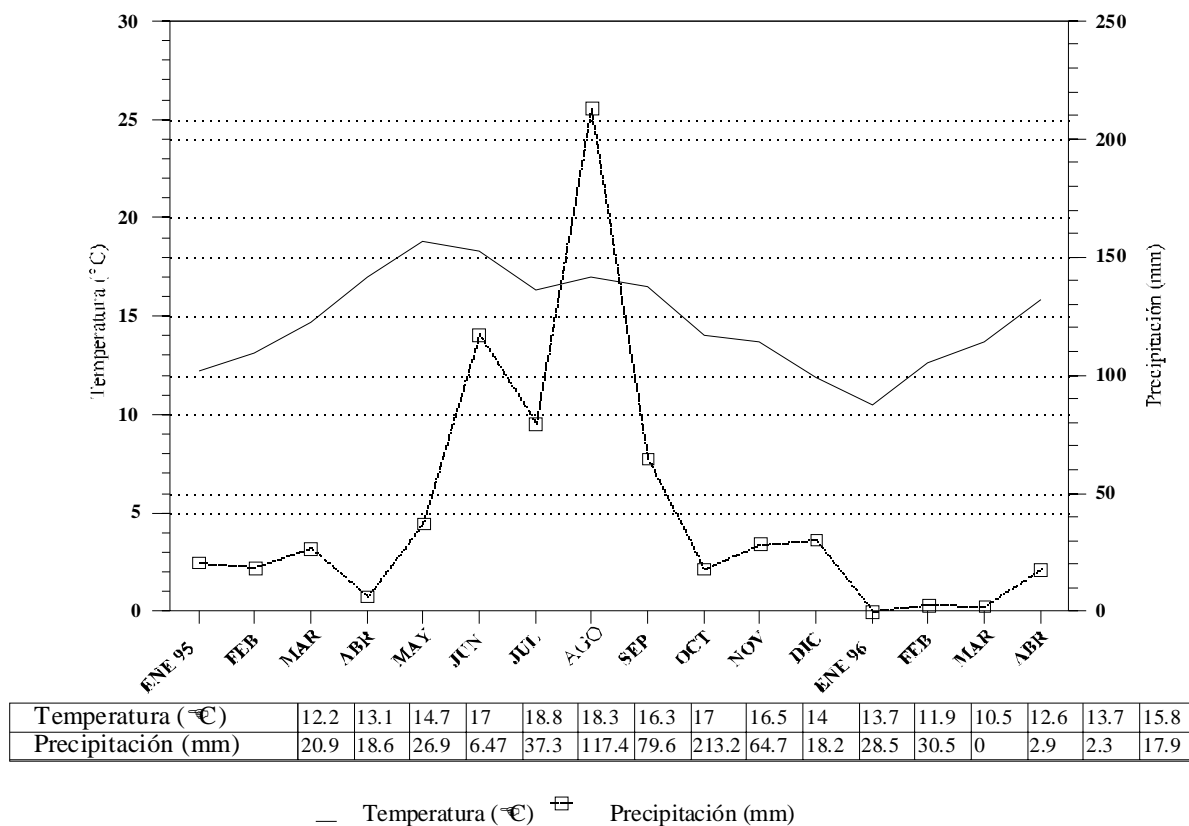


Figura 3. Temperatura y precipitación ocurrida durante el período de evaluación fenológica en la estación climatológica F.E.S. Cuautitlán UNAM Campo 4.

### Suelo

Se realizó un análisis de suelo (dos muestras), en el departamento de Ingeniería Agrícola de la FES Cuautitlán Campo 4 y se obtuvo el siguiente resultado, que se presentan en el Cuadro 1. Del cual se obtuvo lo siguiente; la densidad aparente de las muestras fue de 1.29 a 1.31 g/cm y la densidad real de 2.38 a 2.46 g/cm, por lo que los espacios porosos varían del 45 a 79 y de 46 a 74 en la época de lluvias o con lámina de riego gruesa, en tanto que por el contrario durante la época de secas, se tiene una gran compactación del mismo. Durante la época de gran retención de agua, pueden darse procesos de anaerobiosis y reducción química de algunos elementos, afectando por tanto la disponibilidad de algunos nutrientes para la planta.

El pH se encuentra entre 7.7 y 7.8, lo que de acuerdo a la clasificación de Moreno (1978), corresponde a suelos de ligera a medianamente alcalinos. Esto indica que existe acumulación de sales básicas, por lo que se recomienda acidificar el suelo hasta llevarlo a un pH de 6.5 a 7.2.

En lo que se refiere a materia orgánica, tenemos que sobre la base de la clasificación de Moreno (1978), los suelos tienen un contenido medio de esta y de acuerdo

a la clasificación Duchaufour (1984), una baja capacidad de intercambio catiónico, por lo que se recomienda agregar materia orgánica con la finalidad de incrementar la capacidad de intercambio catiónico y por tanto su fertilidad. Para mejorar la estructura y disminuir la compactación e incrementar el porcentaje de espacios porosos y permitir una mejor aireación, como mayor infiltración del agua de drenaje para incrementar la retención de agua disponible para la vegetación. Por lo que se recomienda mantener una cobertura vegetal en el suelo, cuando menos con pastos para evitar la pérdida de agua por evaporación y evitar la erosión.

Cuadro 1. Análisis de las dos muestras del suelo del *Pinetum* Cuautitlán Izcalli estado de México, realizado por el Departamento de Ingeniería Agrícola FES Cuautitlán Campo 4.

Parámetros	A	B
pH (H <sub>2</sub> O)	7.8	7.7
M.O %	2.048	1.613
CIC	18.5	23.0
Ca meq/100 gr	7.35	8.77
Mg	11.4	12.3
Densidad aparente gr/cm	1.31	1.29
Densidad real gr/cm	2.46	2.38
Espacios porosos %	46.74	45.79
Arena %	29.46	43.28
Limo %	46.18	24.13
Arcilla %	24.36	32.54
Clase textural	Migajón	Migajón arcilloso

De acuerdo con el Atlas Nacional del medio físico INEGI (1988) y con las unidades de clasificación de suelos FAO/UNESCO 1970, modificada por DGGTENAL. Corresponde a la unidad de suelo predominante de feozem y a la sub unidad haplico con fase física lítica, sin fase química, con clase textural media.

Terreno ligeramente ondulado, con pendiente suave menor de 8% con exposición al sur. Delgado, erosionado de 13 a 15 cm de profundidad antes de alcanzar la primera capa tepetatoza. El suelo predominante de feozem, tiene una capa superficial oscura suave y rica en materia orgánica. Con suelo primario de vertisol elico y un suelo secundario de regosol eutrico con nutrientes.

#### Vegetación

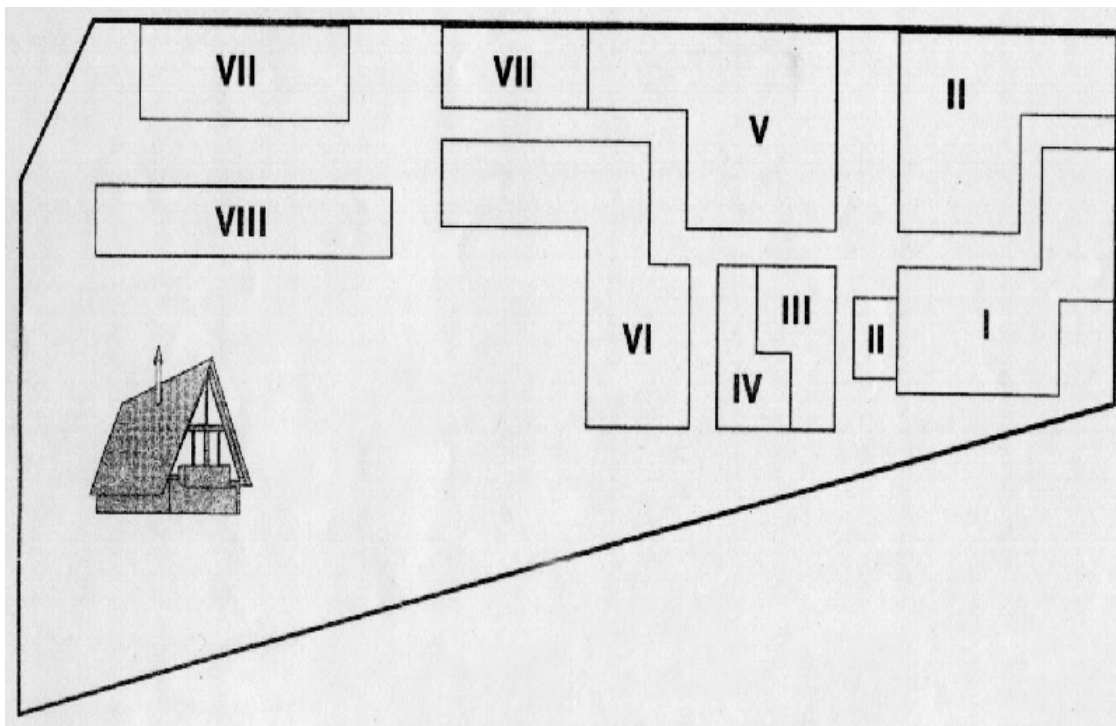
La vegetación original ha desaparecido totalmente, posiblemente por darle a estos suelos un uso agrícola. Hoy la vegetación que se observa consiste en especies introducidas entre las que se pueden destacar el eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), pirul (*Schinus molle*) y cedro blanco (*Cupressus lindleyii*) los cuales se encuentran formando agrupaciones un tanto aisladas entre sí, con dominancia del eucalipto. Gran parte de la superficie del terreno, se encuentra cubierta por herbáceas anuales como *Cosmos bipinatifidum*, así como las perennes entre las que sobresalen las gramíneas.

## Especies de pinos estudiadas

Las especies de pinos estudiadas en el *Pinetum* están ordenadas de acuerdo a la clasificación de Perry (1991), que se presentan en el Cuadro 2 y la distribución de las secciones del género *Pinus* se presentan en la Figura 4.

Cuadro 2. Especies en el *Pinetum* de Cuautitlán Izcalli, organizadas de acuerdo a clasificación de Perry (1991).

Especie y género	Lugar de procedencia
Subgénero Haploxylon o pinos blandos	
Sección cembra	
<i>P. ayacahuite</i> var. <i>brachyptera</i> Shaw	SARH - Zacatecas
<i>P. ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw	Probosque
<i>P. ayacahuite</i> Ehrenb.	Probosque
Sección Paracembra	
Subsección Cembroides	
<i>P. cembroides</i> Zucc	SARH Zacatecas
<i>P. cembroides</i> sub sp. <i>orizabensis</i> Bailey	Probosque
<i>P. discolor</i> Bailey et Hawksworth	SARH - Chihuahua
<i>P. johannis</i> M-F Robert	Centro de Genética Forestal
<i>P. lagunae</i> M-F Robert -Passini	SARH – Baja California
<i>P. culminicola</i> Andresen et Beaman	Centro de Genética Forestal
Subsección Pinceana	
<i>P. pinceana</i> Gord	SARH - Zacatecas
<i>P. maximartinezii</i> Rzedowski	SARH – Michoacán, C .G. F
Sub género Diploxylon o pinos duros	
Sección Leiophyllae	
<i>P. leiophylla</i> Schl et Cham.	Probosque
<i>P. lumholtzii</i> Rob. Et Fern.	SARH - Zacatecas
Sección Ponderosae	
<i>P. tecunumanii</i> (Schwertfeger) Eguiluz et Perry.	Centro de Genética Forestal
<i>P. jeffreyi</i> Murr.	SARH – Baja California Norte
Sección Montezumae	
Subsección Montezumae	
<i>P. arizonica</i> Engelm. .	
<i>P. montezumae</i> var. <i>lindleyi</i> Loud	Probosque
Subsección Rudis	
<i>P. hartwegii</i> Lindl	Probosque
Subsección Michoacana	
<i>P. michoacana</i> Mart.	SARH – Jalisco
<i>P. michoacana</i> var. <i>cornuta</i> Mart.	SARH – Jalisco
Sección Pseudostrobus	
Subsección Pseudostrobus	
<i>P. pseudostrobus</i> Lindl.	Centro de Genética Forestal
Subsección Oaxacana	
<i>P. pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i> Mart.	SARH - Hidalgo
<i>P. oaxacana</i> Mirov	SARH - Oaxaca
<i>P. pseudostrobus</i> var. <i>coatepecensis</i> Mart.	SARH - Oaxaca
Sección Serotinae	
Subsección Patula	
<i>P. radiata</i> var. <i>binata</i> Lemm.	Centro de Genética Forestal
<i>P. greggii</i> Engelm.	Centro de Genética Forestal
<i>P. patula</i> Schl. et Cham.	Centro de Genética Forestal
Subsección Oocarpa	
<i>P. oocarpa</i> Schiede	Probosque
<i>P. pringlei</i> Shaw	Probosque
<i>P. teocote</i> Schl et Cham.	Probosque
Sección Caribaea	
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> (Sénécl.)Barr. et Golf.	Probosque



- |     |                            |      |                              |
|-----|----------------------------|------|------------------------------|
| I   | Sección <i>Cembra</i>      | V    | Sección <i>Montezumae</i>    |
| II  | Sección <i>Paracembra</i>  | VI   | Sección <i>Pseudostrobus</i> |
| III | Sección <i>Leiophyllae</i> | VII  | Sección <i>Serotinae</i>     |
| IV  | Sección <i>Ponderosae</i>  | VIII | Sección <i>Teocote</i>       |

Figura 4. Secciones de *Pinus* distribuidas en el *Pinetum*, agrupadas en subgéneros de maderas blandas y duras (Perry 1991).

#### Observaciones dasométricas

Las mediciones se hicieron bajo previo marcaje y enumeración de cada uno de los pinos a fin de identificarlos a lo largo del estudio de enero de 1995 a abril de 1996, mediciones como son; en el diámetro del tronco, la altura del árbol, longitud del brote apical del eje, así como de un brote lateral del mismo, con auxilio de una cinta graduada vernier, una escalera tipo tijera y 250 etiquetas de material resistente. Las mediciones se realizaron con la ayuda de un vernier y metros de madera graduados en centímetros y milímetros. Las mediciones siempre se realizaron bajo la misma posición y ángulo de cada árbol, para evitar variaciones en las mediciones, en cada uno de los parámetros a medir.

### Diámetro

La medición se realizó en centésima de centímetros, con una periodicidad y frecuencia de 3 meses durante el período de evaluación de enero de 1995 a abril de 1996. Los pinos con altura menor de 1.3 metros, se midieron a los 10 cm de la base del tronco, donde fue colocada una piedra para evitar que se deformara la superficie, motivo por el cual pudiera alterar posteriores mediciones y árboles mayores a 1.3 m, se tomó el diámetro a esta altura 1.3 m llamada diámetro a la altura del pecho (d.a.p) y también a los 10 cm de altura previamente marcados en cada uno de los árboles con un número de identificación.

### Altura

Para su medición, se tomaron en cuenta la medición en metros expresadas en centésimas de centímetro, con la periodicidad y frecuencia igual que en diámetro. La altura de los pinos se tomo a partir de la base o nudo vital hasta la parte terminal del brote del eje principal del árbol.

### Longitud del brote apical del eje

Se registró la medición en centésima de centímetros cada 3 meses en cada árbol. Se registro la longitud existente a partir del verticilo final, (donde se colocó una marca con pintura de aceite) hasta la parte terminal del brote. Evaluación que se realizó en la misma rama hasta el fin del estudio.

### Longitud del brote lateral

Las mediciones se efectuaron en centésima de centímetro y cada 3 meses. En el área de observación. Se seleccionó la rama de la parte media del árbol de mejor vigor mejor expuesta al sol. La longitud registrada fue a partir del último verticilo previamente marcada hasta el brote terminal del mismo.

### Número de verticilos

Durante la etapa de crecimiento (fase vegetativa activa), la yema terminal del eje presenta alargamiento, dando lugar al crecimiento en longitud del eje y a lo largo de este. A determinada altura emergen pequeños brotes (futuras ramas del pino) que se ubican alrededor del eje (en forma radial), forma que se identifica con el nombre de verticilo o nodo, la cual se registró cada tres meses durante un año previamente marcado durante la toma de datos.

### Observaciones fenológicas

Las observaciones fenológicas se tomaron a partir de herramientas como; la visión y el criterio, que nos ayudan a determinar las fechas y acontecimientos de los diferentes eventos fenológicos en cada una de las especies en estudio, para la elaboración de calendarios fenológicos, que determinan la época de inicio y termino de las diferentes fases,



tanto de crecimiento vegetativo, como reproductivo, elemento útil para llevar a cabo la recolección de semilla y recolección de diferentes especies de pinos.

Estas observaciones se realizaron a través de apreciaciones visuales periódicas, con el apoyo de fotografías a color, tabla de colores de Munsell y una lente de aumento para comparar de manera práctica la forma y color del órgano del árbol motivo de observación y la fase de una fase fenológica a la siguiente. La periodicidad con que se realizó la observación fue de manera variable, cada 15 días para producción de conos, mensual para las observaciones de crecimiento vegetativo y trimestral para la evaluación de mediciones.

Las observaciones fenológicas realizadas a cada uno de las especies y sus respectivas repeticiones de las 25 especies, se realizó en un formato de registro fenológico. Estas observaciones se hicieron a través de aportaciones visuales durante un año cuatro meses, que considera el ciclo de inicio de verano y termino del invierno del año posterior.

#### Fase vegetativa

Las fenofases de la fase vegetativa fueron definidas con apoyo a los trabajos de Fournier (1974), Bello (1983), Vela (1980) y Prieto y Quiñones (1993). El crecimiento vegetativo, se clasificó en los siguientes eventos:

- 1) Yemas en latencia; no se presenta elongación de la yema, no se observa la diferencia entre yema vegetativa y yema de estructura reproductiva.
- 2) Emisión de primordio foliar; se caracteriza porque presenta elongación en la base de las yemas y se presenta a lo largo del brote, con la emisión de primordios foliares que asumen la forma de pequeños segmentos puntiagudos.
- 3) Pleno recubrimiento foliar; se alcanza cuando la hoja ha brotado completamente, se aprecia su forma continua con desarrollo paralelo a la yema, que puede continuar en elongación. Se observa aproximadamente la mitad de la longitud del desarrollo normal de las acículas.
- 4) Total desarrollo de acículas; es cuando las acículas tienen un desarrollo total (longitud máxima de las acículas) ya no existe crecimiento del brote y presentan la formación de catáfilos. Las acículas son de igual coloración que las viejas.
- 5) Estructuras reproductivas; en el género *Pinus* los estróbilos masculinos y femeninos se localizan en el mismo árbol. Generalmente los estróbilos femeninos se encuentran en las ramas de la parte media y superior de la copa, mientras que los masculinos se localizan en las ramas de la parte inferior de la copa, aunque no es un patrón estricto (Mirov, 1967).

### Fase de estróbilo masculino

Estadios evaluados:

- 1) Estado de yema; no se aprecia diferencia alguna entre yema vegetativa y estróbilo, sin elongación del brote.
- 2) Inmaduro; elongación y brotación de la yema, estróbilo encerrado todavía en la base de la yema vegetativa terminal, zona que se encuentra bastante abultada.
- 3) Intermedio; los conillos emergen de la yema vegetativa terminal, encerrados en yemas individuales de tamaño reducido (5 a 7 mm).
- 4) Maduro; se aprecia la apertura de la yema reproductiva masculina y posteriormente de los conillos así como la liberación abundante del polen.
- 5) Término de la liberación del polen; el final de la fase se alcanza cuando ya no hay liberación de polen y los conillos o estróbilos masculinos comienzan a caer.

### Fase de estróbilo femenino

Se dividió en cinco estadios:

- 1) Inmaduro; es cuando se presenta la brotación de la yema femenina apareciendo los estróbilos (conillos) posiblemente de color morado, rojo, verde u otro color. En los que se pueden hacer las siguientes observaciones en la relación a la secuencia, la apertura de las esporofilas o escamas de que se encuentran cubiertos. Bello (1978).
  - a) Parcialmente abiertas
  - b) Abiertas por completo y por lo tanto totalmente receptivo al polen proveniente del conillo o estróbilo masculino.
  - c) Totalmente cerrados.
- 2) Intermedio; se caracteriza por la elongación que presentan los conillos femeninos después de la polinización, por el cierre de las escamas y por presentar en la mayoría de veces un color verde.
- 3) Maduro; tiene lugar cuando los conos adquieren el tamaño propio de la especie y un color café oscuro en algunas especies. Apertura de conos; se caracteriza por la liberación de semillas a partir de que las escamas del cono maduro se abren.
- 4) Término de la liberación de semilla; el cono presenta escamas totalmente abiertas y libres de semillas.

## Análisis estadístico

La base para el análisis de datos obtenidos fue por estadística descriptiva, que se basa en resumir y describir los hechos que han proporcionado la información acopiada, que por lo general toman la forma de tablas, gráficos, cuadros e índices y tiene como fin primordial, describir las características principales de los datos reunidos en si mismos y que no tienen para nada, inferencias o generalizaciones acerca de la totalidad de todas las observaciones posibles. Así también se tomó en cuenta la inferencia estadística que si bien es una descripción d los hechos recopilados, es a veces, en si misma el fin que se propone. Con esta técnica se podrán sacar conclusiones o generalizaciones acerca del parámetro o parámetros de una población, basándose en el estadígrafo de la población (Chao, 1982).

### Observaciones dasométricas

El estadístico utilizado fue la media aritmética o promedio aritmético que se simboliza:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n}$$

Que es la suma de los valores observados, dividida por el número total de observaciones. Los datos a utilizar serán con mediciones de datos continuos (cm) (Scheffler, 1981). Para cada una de las características dasométricas se utilizó la media aritmética para promediar las observaciones en cada uno de los períodos evaluados.

El crecimiento acumulativo de las características dasométricas se graficaron en series cronológicas que fueron los datos promedio dispuestos al tiempo de su realización, estos fueron realizados para cada una de las secciones mostradas en la clasificación de Perry (1991).

## RESULTADOS

Observaciones dasométricas

Diámetro a 10 cm de altura

Para las Secciones *Cembra* y *Paracembra*, Subsección, *Cembroides* y *Pinceana* Figura 5 y Figura 6 de temperatura y precipitación durante el período de evaluación, se observa lo siguiente para cada una de las especies.

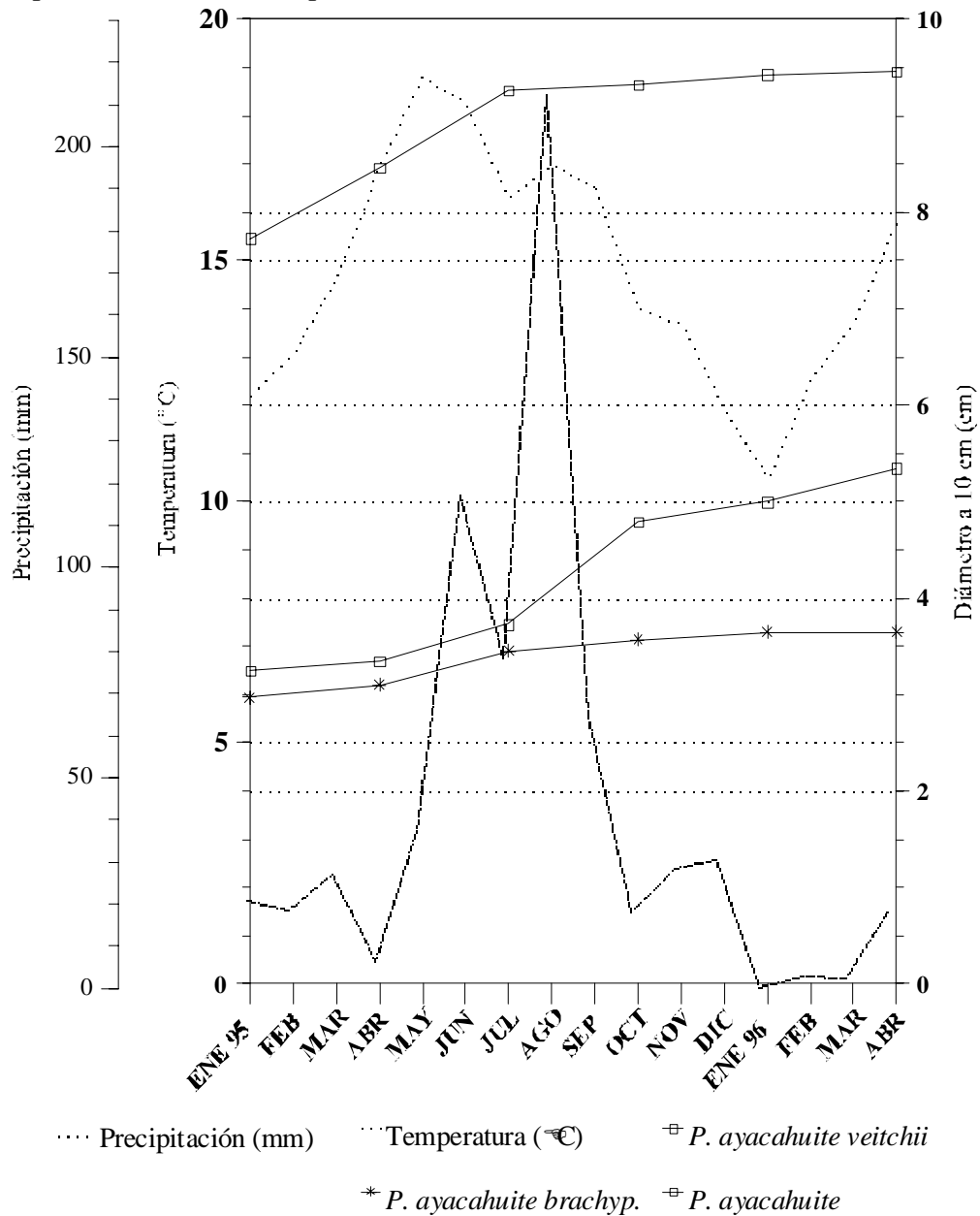


Figura 5. Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm, de los pinos de la Sección Cembra con la temperatura y la precipitación.

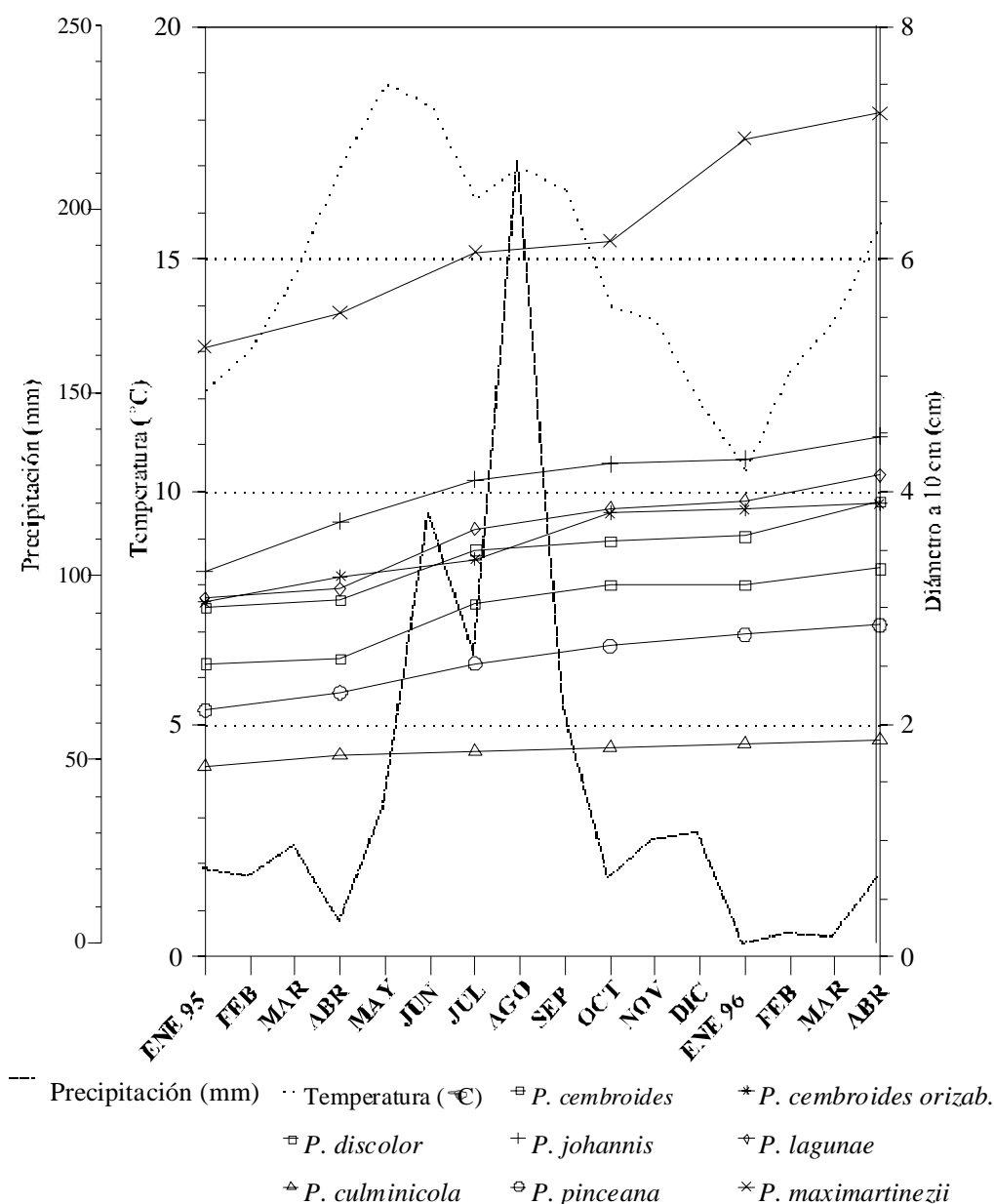


Figura 6. Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm de los pinos de la Sección Paracembra, con la temperatura y la precipitación

*P. ayacahuite* var. *brachyptera*, presenta reposo de enero a abril, con un lento crecimiento del diámetro de abril a julio, meses en que aumenta la temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación es mayor para el mes de agosto la especie se mantuvo en reposo de julio de 1995 a abril de 1996.

En *P. ayacahuite*, se observa un período de dormancia de enero a abril, con un ligero aumento del diámetro de abril a julio, cuando precipitación y temperatura aumentan de julio a octubre, seguido de un estado de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996 que es cuando desciende temperatura y precipitación, con rompimiento de enero a abril de 1996. Para *P.*

*ayacahuite* var. *veitchii* el diámetro es constante y rápido de enero a julio meses en que se incrementa la temperatura y la precipitación de forma ascendente, sin embargo, aunque la temperatura es mayor para el mes de agosto, la especie permanece en estado de dormancia de julio de 1995 a abril de 1996.

En tanto que para *P. cembroides*, se observa un aumento de diámetro lento de enero a abril, cuando la temperatura apenas comienza a incrementarse y la precipitación es todavía mínima y rápido de abril a julio, cuando la temperatura es dominante y la precipitación comienza a ser ascendente. Sin embargo, aunque la precipitación es dominante para el mes de agosto la especie muestra dormancia de julio a octubre, con rompimiento de la misma de octubre de 1995 a enero de 1996 para mantener rápido y constante el incremento del diámetro hasta abril de 1996 cuando temperatura y precipitación son descendentes.

Para *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, se observa un incremento del diámetro rápido y constante de enero a octubre, cuando precipitación y temperatura son ascendentes, con un período de dormancia de octubre de 1995 a abril de 1996 cuando temperatura y precipitación comienzan a descender.

En *P. discolor*, presenta reposo de enero a abril, con precipitación y temperatura en incremento y crecimiento rápido de abril a julio cuando la temperatura es elevada y la precipitación comienza a ascender. Sin embargo, aunque la precipitación es dominante para el mes de agosto, el crecimiento es lento de julio a octubre, seguido de un período de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996.

De tal manera *P. lagunae*, presenta un corto período de dormancia de enero a abril y crecimiento de abril a julio cuando la temperatura y precipitación son mayor, aunque la precipitación haya sido mayor para el mes de agosto, la especie mostró un menor crecimiento de julio a octubre, con un segundo período de latencia de octubre de 1995 a enero de 1996 que se interrumpe de enero a abril de 1996 con crecimiento lento.

En tanto que para *P. johannis*, se presenta aumento del diámetro rápido y constante de enero a julio cuando la temperatura es mayor y la precipitación esta en descenso, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto el crecimiento fue menor y constante de julio de 1995 a enero de 1996, seguido de un estado de latencia de enero a abril de 1996.

Así mismo, para *P. culminicola*, se presenta un aumento del diámetro lento pero constante de enero a octubre cuando la precipitación y temperatura son mayores, seguido de un estado de dormancia de octubre de 1995 a abril de 1996.

Finalmente *P. pinceana*, muestra latencia de enero a abril y un lento crecimiento pero constante de abril de 1995 a abril de 1996, período en el cual son ascendentes precipitación y temperatura. Para *P. maximartinezii*, se observa un incremento del diámetro lento pero constante de enero a julio cuando la temperatura es mayor y la precipitación comienza a ser descendente. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie mostró latencia de julio a octubre con interrupción rompiéndose de octubre de 1995 a enero de 1996 e incremento mayor, con un segundo período de dormancia de enero a abril cuando precipitación y temperatura son descendentes.

En general para la Sección *Cembra* se observan prolongados períodos de letargo en *P. ayacahuite veitchii* de julio de 1995 a abril de 1996. En *P. ayacahuite brachyptera* de enero a abril de 1995 y de julio de 1995 a abril de 1996. En *P. ayacahuite* de enero a abril de 1995, períodos en los cuales la temperatura y precipitación son menores.

Para la Sección *Paracembra*, se observa que las especies presentan un patrón en el aumento del diámetro muy distinto. En *P. johannis*, una de las especies que mantiene un aumento de diámetro mayor de enero a julio de 1995. Así como, *P. cembroides* sub sp. *orizabensis* y *P. cembroides*, con diámetro mayor pronunciado de octubre de 1995 a enero de 1996, meses en los cuales la temperatura y precipitación comienzan a ser ascendentes y períodos de letargo de enero a abril. Para *P. discolor*, *P. cembroides* y *P. lagunae*, cuando la temperatura y precipitación son menores, con letargos de octubre a enero para *P. discolor*, *P. lagunae* y *cembroides orizabensis* cuando la precipitación y temperatura comienzan a descender.

Finalmente para la Subsección *Pinceana*, *P. pinceana* y *P. maximartinezii*, muestran un patrón similar en el aumento del diámetro lento pero constante de enero de 1995 a abril de 1996, período en el cual la precipitación y temperatura son mayores.

En las Secciones, *Leiophyllae*, *Ponderosae*, *Montezumae* y Subsección *Montezumae* (Figura 7 y 8) de temperatura y precipitación durante el período de evaluación se observa para cada una de las especies lo siguiente:

En *P. leiophylla*, se observa un lento crecimiento del diámetro de enero a julio, cuando la precipitación y temperatura comienzan a ascender y un aumento mayor de julio a octubre cuando la precipitación es mayor, con latencia de octubre de 1995 a enero de 1996 cuando temperatura y precipitación comienzan a descender, y diámetro mayor de enero de 1995 a abril 1996.

*P. lumholtzii*, presenta un crecimiento lento pero constante de enero de 1995 a abril de 1996. Para *P. jeffreyi*, se observa un aumento del diámetro rápido y constante de enero de 1995 a abril de 1996. En *P. arizonica*, el diámetro aumenta lentamente de enero a abril. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto el crecimiento fue menor de abril de 1995 a enero de 1996 con estado de dormancia de enero a abril de 1996 y parámetros ambientales bajos.

Para *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa latencia de enero a abril, con rompimiento de abril a julio, cuando comienza a incrementarse la temperatura y la precipitación, con aumento del diámetro de abril de 1995 a enero de 1996, y crecimiento en agosto cuando aumenta la precipitación con un segundo estado de dormancia de enero a abril de 1996.

En general se puede observar que la Sección *Leiophyllae*, mantiene mas o menos el mismo patrón en el incremento del diámetro, excepto para *P. leiophylla*, que se prolonga de julio a octubre, cuando es mayor la precipitación y de enero a abril de 1996.

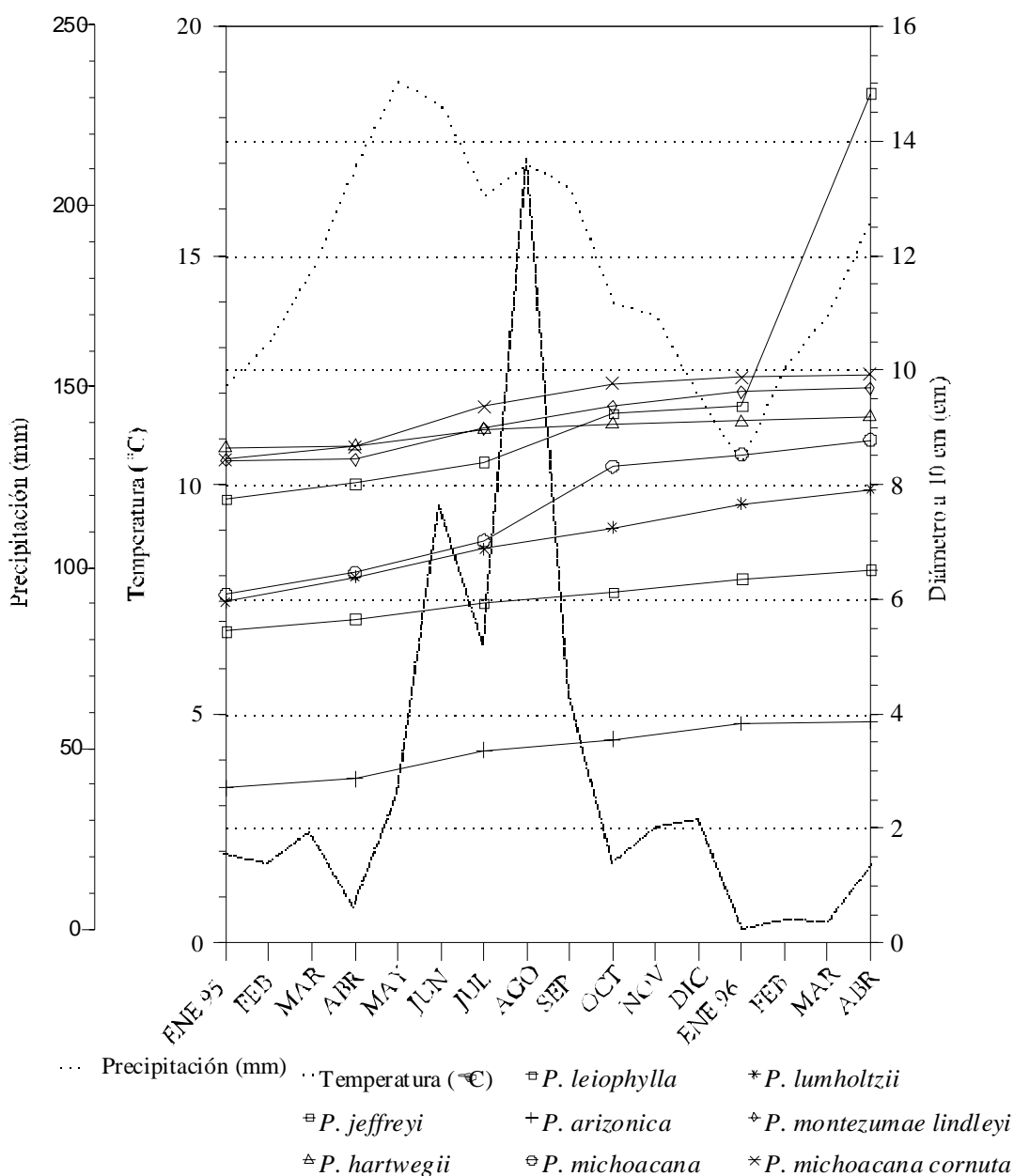


Figura 7. Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm de los pinos de la Sección *Leiophyllae*, *Ponderosae* y *Montezumae*, con la temperatura y la precipitación

Para la Sección *Ponderosae*, *P. jeffreyi*, presenta un patrón de crecimiento constante, durante el ciclo a diferencia de *P. arizonica*, que presenta ligeros períodos de dormancia de enero a abril de ambos años, que es cuando menor precipitación se presenta a temperaturas bajas.

En la Sección *Montezumae*, *P. montezumae* var. *lindleyi*, presenta crecimiento constante de abril a enero de 1995 lapso en el cual comienza a incrementarse la temperatura y precipitación.



En las Subsecciones *Rudis* y *Michoacana*, Sección *Pseudostrobus*, Subsecciones, *Pseudostrobus* y *Oaxacana* Figura 9 y Figura 5 de temperatura y precipitación durante el período de evaluación se observa para cada una de las especies lo siguiente:

*P. hartwegii*, muestra dormancia de enero a abril, con un incremento ligero de abril a julio, que es el momento en el cual comienza a ser ascendente precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque agosto presentó mayor precipitación la especie presenta un segundo estado de latencia de julio de 1995 a abril de 1996.

En *P. michoacana*, el diámetro es constante y rápido de enero a julio, meses en los cuales temperatura y precipitación son ascendentes y mayor de julio a octubre, que es cuando mayor es la precipitación y la temperatura, con crecimiento lento de octubre de 1995 a enero de 1996, momento en el cual la temperatura y precipitación comienzan a descender, seguido de un período de dormancia de enero de 1995 a abril de 1996. Para *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa un crecimiento constante de enero a octubre, con menor incremento de octubre de 1995 a enero de 1996, cuando precipitación y temperatura son descendentes, seguido de un período de latencia de enero a abril de 1996.

En tanto que para *P. pseudostrobus*, se observa reposo de enero a abril, con crecimiento rápido y constante de abril a octubre, período en el cual es mayor temperatura, y un segundo período de dormancia de octubre a abril que es cuando comienzan a ser descendentes tanto temperatura como precipitación y crecimiento mayor de enero a abril de 1996. Para *P. oaxacana*, se observa un crecimiento del diámetro rápido y constante de abril a octubre que es cuando temperatura y precipitación son mayores y menor aumento de octubre de 1995 a abril de 1996 cuando comienzan a ser descendentes temperatura y precipitación. En *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, se observa un crecimiento rápido y constante del diámetro de enero a octubre período en el cual, la temperatura y precipitación son ascendentes, con un ligero estado de latencia de octubre de 1995 a enero de 1996, y lento crecimiento de enero a abril de 1996 que es cuando precipitación y temperatura son descendentes. Finalmente para *P. pseudostrobus* var. *coatepecensis*, se observa un diámetro con crecimiento rápido y constante de enero a abril, con un estado de reposo de abril a julio cuando la temperatura es mayor y la precipitación descende e interrupción en julio, con crecimiento menor de octubre de 1995 a abril de 1996 que es cuando comienzan a ser descendentes precipitación y temperatura.

En general para la Subsección *Rudis*, se observa que *P. hartwegii* mantiene un prolongado estado de reposo de enero a abril de 1995 y de julio a abril de 1996. Aún cuando en agosto se presentó mayor precipitación la especie continuo con su patrón de reposo.

Para la Subsección *Michoacana* se aprecia un patrón de crecimiento constante para *P. michoacana* y *P. michoacana* var. *cornuta* de enero a julio que es cuando la temperatura y precipitación comienzan a ser ascendentes, excepto para *P. michoacana* que se prolonga en mayor grado de julio a octubre que es cuando se presenta mayor precipitación, con estado de letargo de enero a abril de 1996.

En general para la Sección *Pseudostrobus*, se observa un incremento del diámetro constante de enero a octubre, período en el cual la precipitación y temperatura son mayores, excepto para *P. pseudostrobus* con un incremento mínimo. En *P. pseudostrobus* *coatepecensis*, el letargo se presenta de abril a julio con precipitación ascendente, seguido de fases menores en el

incremento del diámetro de octubre de 1995 a abril de 1996. Momento el cual la precipitación y temperatura comienzan a ser descendentes.

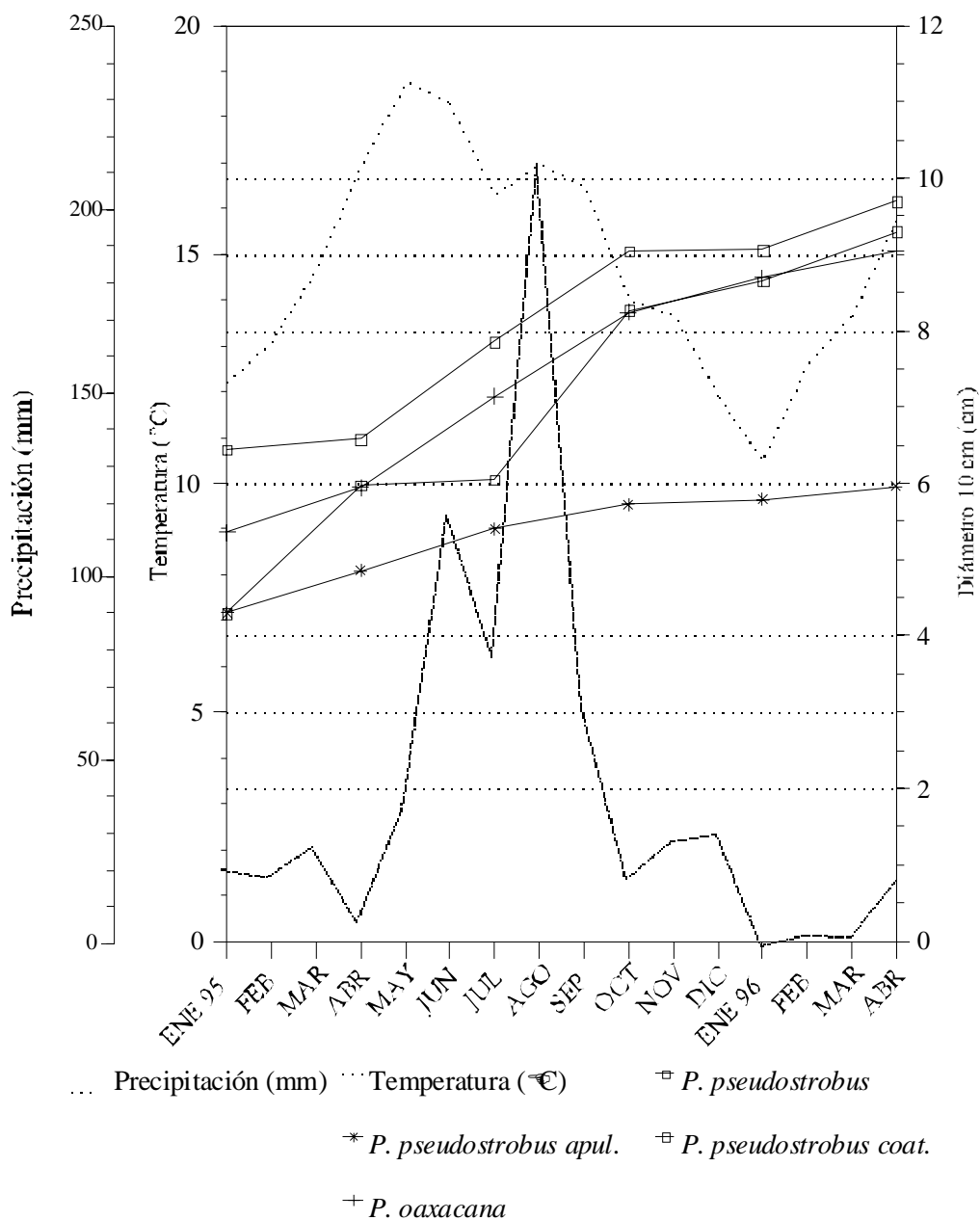


Figura 8. Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm de los pinos de la Sección Pseudostrobus, con la temperatura y la precipitación

En la Sección *Serotinae*, Subsecciones, *Patula* y *Oocarpa*, Secciones *Teocote* y *Caribaea*. Figura 9, de temperatura y precipitación durante el período de evaluación se observa para cada una de las especies lo siguiente.

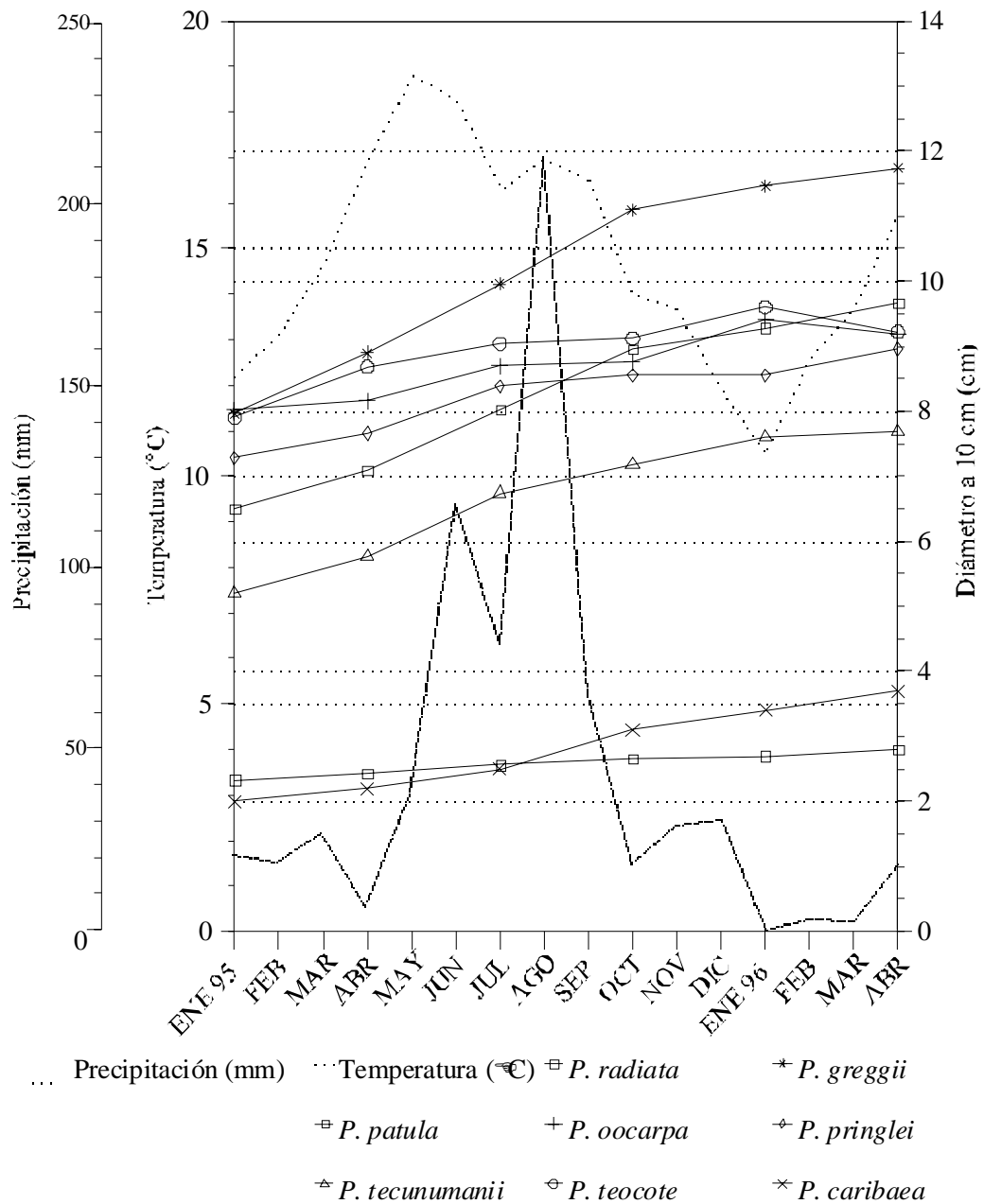


Figura 9. Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm de los pinos de la Sección Serotinae, Teocote y Caribaea, con la temperatura y la precipitación

*P. radiata*, presenta un diámetro con crecimiento lento pero constante de enero de 1995 a abril de 1996, a pesar de que la precipitación mayor se haya dado para el mes de agosto.

Para *P. greggii*, se presenta crecimiento constante desde enero hasta octubre, momento en el cual la temperatura y precipitación son ascendentes, con bajo crecimiento de octubre de 1995 a abril de 1996 cuando precipitación y temperatura descenden.

En *P. patula*, el incremento del diámetro es constante de enero de 1995 a abril de 1996, con mayor precipitación en agosto y crecimiento casi similar.

En tanto que para *P. oocarpa*, se observa dormancia de enero a abril, con lento aumento de abril a julio cuando la temperatura y precipitación ascienden. Sin embargo, en agosto se presentó la mayor precipitación, con letargo de julio a octubre, mostrando un lento incremento de octubre de 1995 al mes de abril de 1996.

En *P. pringlei*, el incremento del diámetro es lento pero constate de enero a octubre, meses en los cuales se presentó la mayor precipitación y temperatura, con un incremento menor de octubre a enero cuando desciende precipitación, para entrar enseguida en un período de dormancia de enero a abril de 1996.

Para *P. tecunumanii*, se observa un crecimiento rápido y constate de enero a octubre, período en el cual la precipitación y temperatura son mayores, seguido de un período de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996 que se interrumpe de enero a abril de 1996 con un diámetro mayor.

En tanto que para *P. teocote*, el diámetro crece rápida y constantemente de enero a julio, cuando la precipitación y temperatura son mayores. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie permaneció en dormancia de julio a octubre con diámetro mayor de octubre de 1995 al mes de abril de 1996.

Finalmente para *P. caribaea* muestra un diámetro con crecimiento constante de enero de 1995 a abril de 1996.

En general para la Sección *Serotinae*, Subsección *Patula*, se observa que el diámetro es constate para las especies, con poco crecimiento de octubre a abril para *P. greggii* y menor para *P. radiata*.

Para la Subsección *Oocarpa*, se observa un crecimiento muy similar para *P. oocarpa* y *P. pringlei*, excepto por los dos períodos de reposo que presenta *P. oocarpa* de enero a abril cuando precipitación y temperatura son menores, al igual que de octubre de 1995 a enero de 1996 y *P. pringlei* que presenta solo incremento de enero a abril de 1996.

En la Sección *Teocote*, *P. teocote*, presenta un diámetro con crecimiento constante de enero de 1995 a enero de 1996 con un solo período de dormancia de enero a abril de 1996 cuando la precipitación y temperatura son menores.

En tanto que, para la Sección *Caribaea*, *P. caribaea* presenta un crecimiento lento pero constante.

Comparando los diámetros para las especies, Figura 10 se puede observar que hubo mayor incremento en el crecimiento del diámetro para; *P. tecunumanii*, *P. patula*, *P. greggii*, *P. pseudostrobus coatepecensis*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobus*, *P. michoacana*. Y con menor crecimiento en; *P. radiata*, *P. hartwegii*, *P. pinceana*, *P. culminicola*, *P. discolor*, *P. cembroides* y *P. ayacahuite* var. *Brachyptera*.

Por lo tanto se considera que las Secciones que mayor incremento en el diámetro a 10 cm mostraron son: las Secciones *Pseudostrobus* y *Serotinae*, a diferencia de la Sección *Paracembra*, mostrando un menor incremento.

Diámetro a 1.3 m de altura

En la Secciones *Cembra* y *Paracembra*, Subsección *Cembroides* y *Pinceana*, la precipitación y temperatura ocurrida durante el período de reposo, se puede observar en la Figura 11 y 12 para cada una de las especies lo siguiente:

*P. ayacahuite* var. *brachyptera*, comienza a incrementar su diámetro en julio cuando es ascendente temperatura y precipitación, con rápido crecimiento de julio a octubre cuando es mayor la precipitación, y lento pero constante de octubre de 1995 a abril de 1996, meses en los cuales comienza a descender la temperatura y precipitación.

En *P. cembroides*, el diámetro a 1.3 m se manifiesta en julio, cuando comienza a ser ascendentes temperatura y precipitación, con un aumento hasta octubre período intermedio en el cual se presentó la mayor precipitación, y de octubre de 1995 a enero de 1996 presenta un período de reposo cuando descende temperatura y precipitación, con interrupción de enero a abril con mayor crecimiento de 1996. Para *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, inicia la manifestación de diámetro de enero a abril de 1996.

En el caso de *P. ayacahuite* var. *veitchii*, se observa un período de reposo de enero a abril, con diámetro rápido y constante de abril a octubre con precipitación y temperatura ascendente, y una segunda fase de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996, cuando la precipitación y la temperatura descienden, fase que es interrumpida de enero a abril de 1996. En *P. ayacahuite* se observa un diámetro con crecimiento lento de enero a abril de 1996.

En tanto que *P. lagunae*, manifiesta diámetro de enero a abril de 1996 con crecimiento lento.

En general para la Sección *Cembra* *P. ayacahuite veitchii*, manifiesta incremento diámetro a 1.3 m presentando letargo de enero a abril y un aumento constante de abril a octubre, cuando ascienden temperatura y precipitación y un segundo estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996, cuando descienden temperatura y precipitación, con rompimiento de enero a abril de 1996.

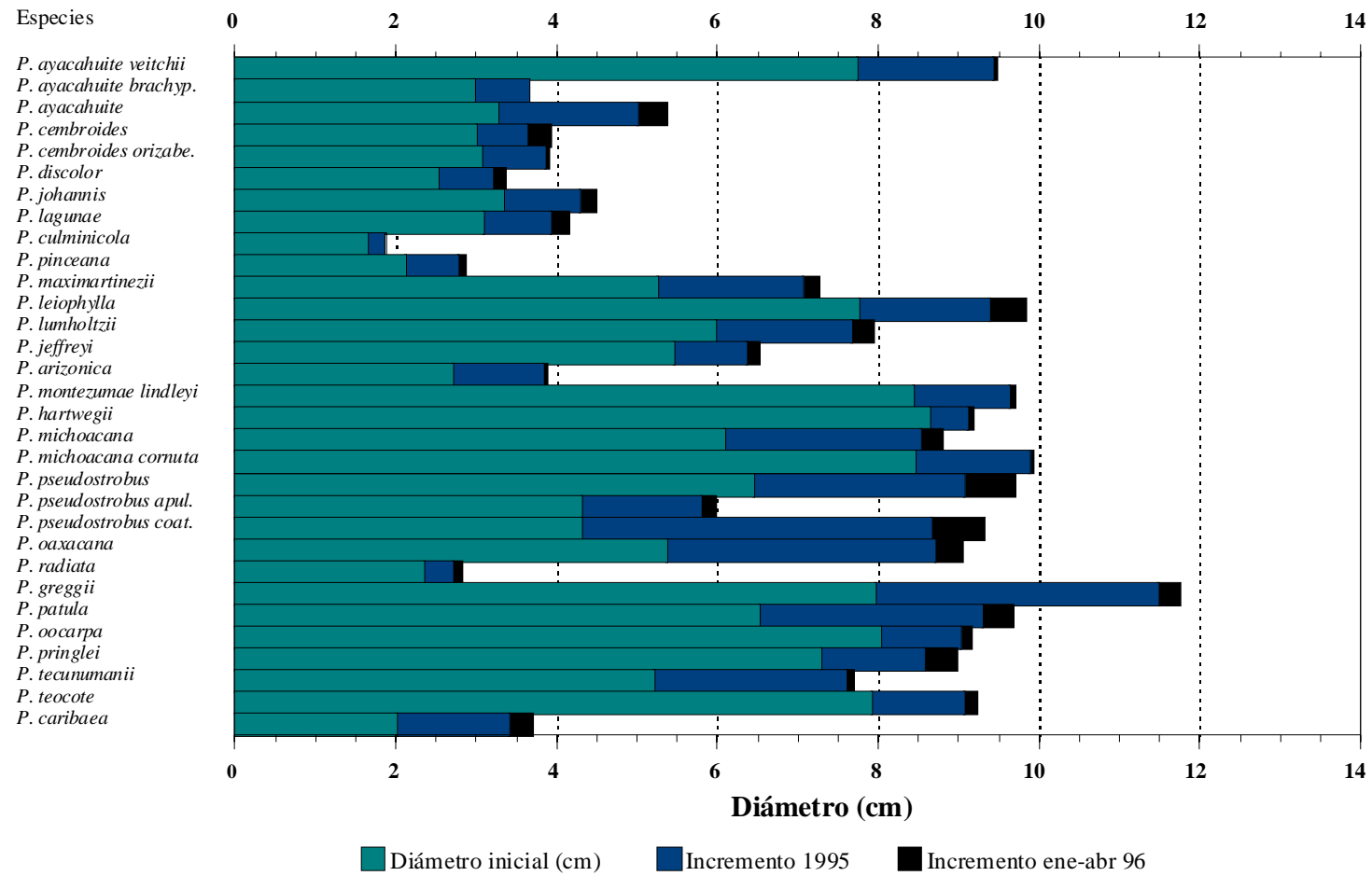


Figura 10. Comparación del diámetro inicial a 10 cm y sus incrementos de las especies del *Pinetum*

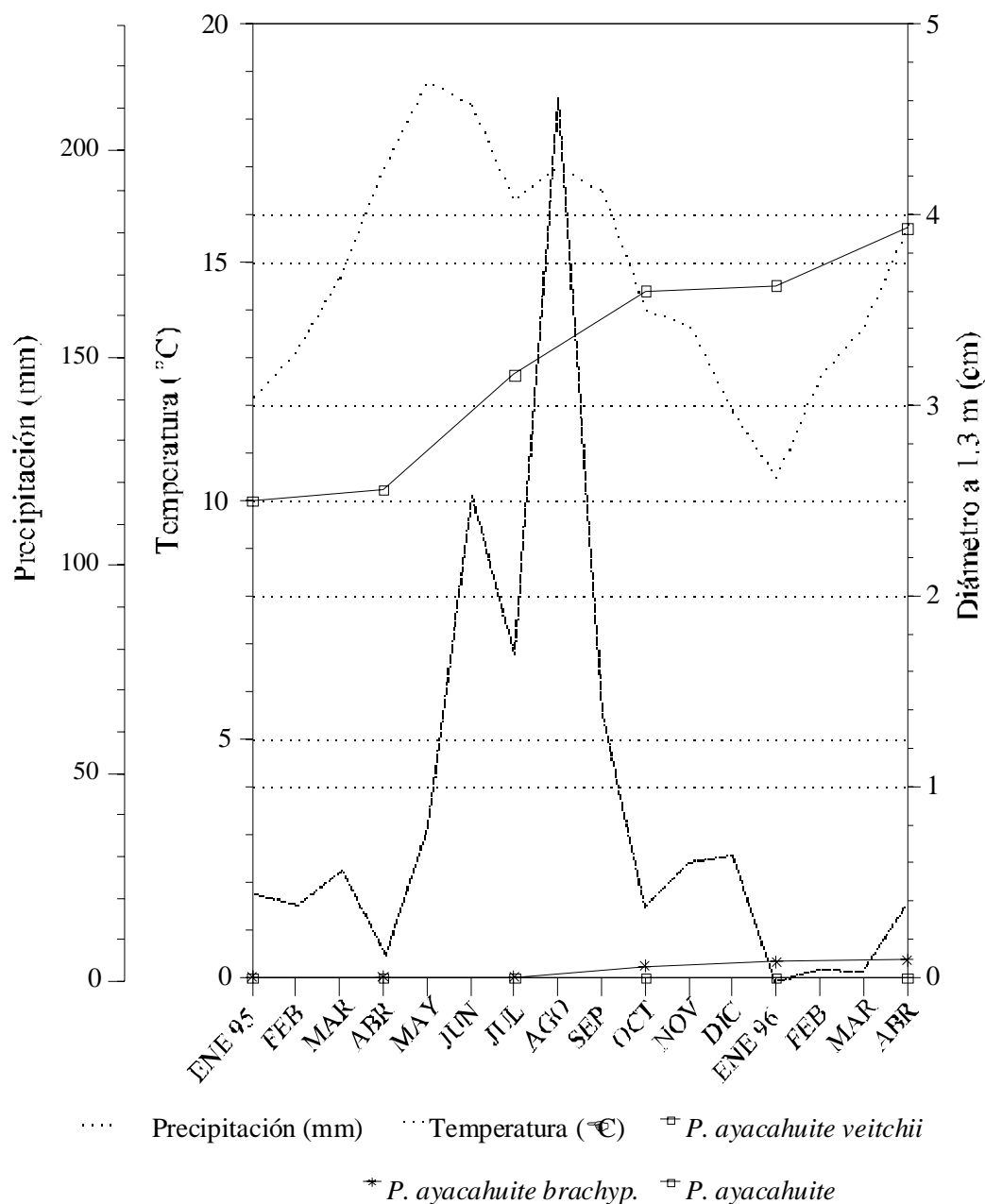


Figura 11. Comparación de crecimiento en diámetro a 1.3 m, de los pinos de la Sección Cembra con la temperatura y la precipitación.

Para la Sección *Paracembra*, se observa la presencia de diámetro a 1.3 m para las especies *P. cembroides*, *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, *P. lagunae* y *P. maximartinezii* hasta el mes de julio, momento en el cual comienzan a ascender temperatura y precipitación, con ligero incremento para las especies señaladas hasta el mes de abril de 1996.

Para la Subsección *Pinceana* *P. pinceana*, inicia su incremento en el mes de abril y rápido hasta julio, con mayor precipitación y menor crecimiento pero constante hasta abril de 1996 debido a la menor precipitación.





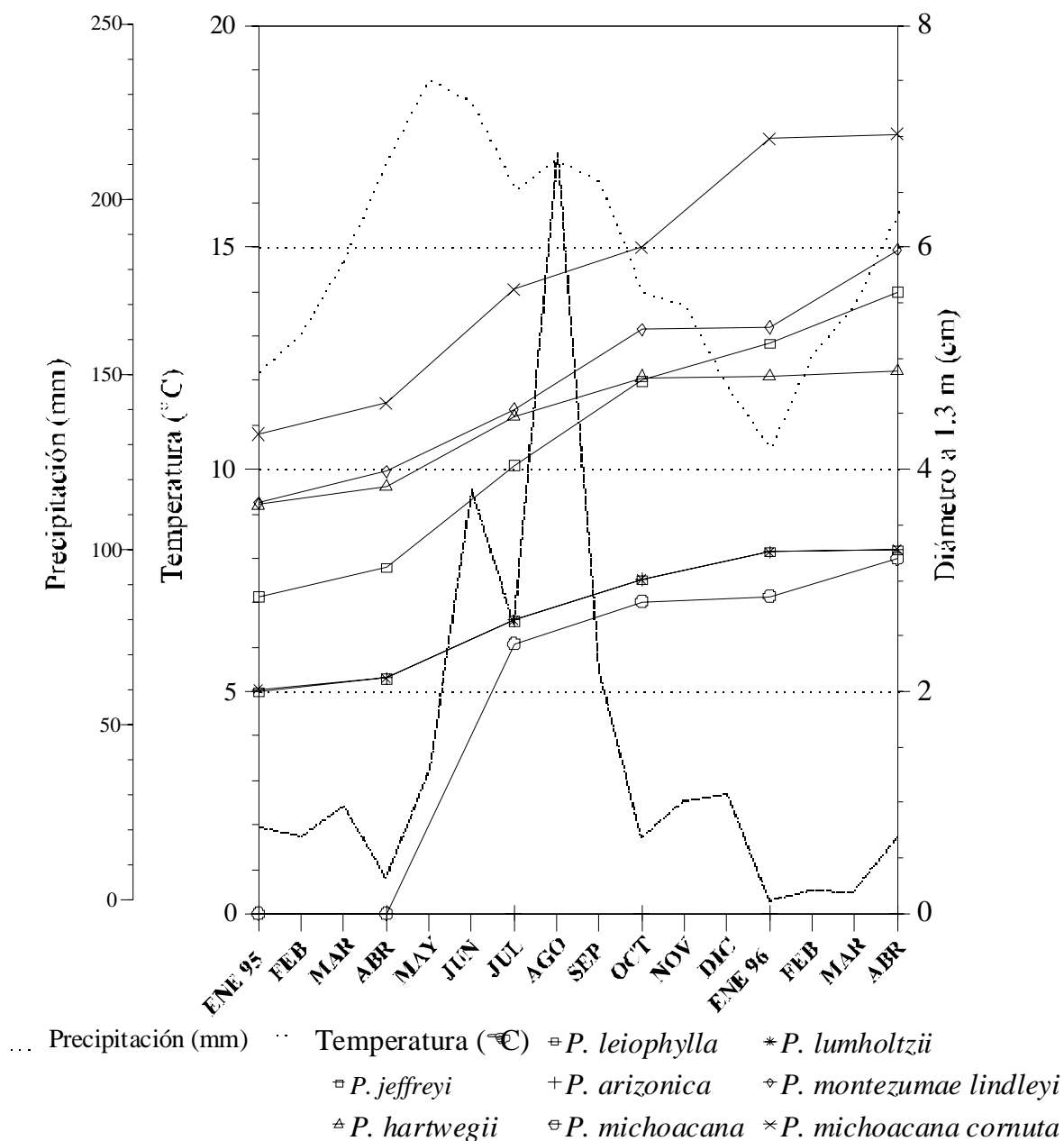


Figura 13. Comparación de crecimiento en diámetro a 1.3 m de los pinos de la Sección *Leiophyllae*, *Ponderosae* y *Montezumae*, con la temperatura y la precipitación

En *P. lumholtzii*, presenta dormancia de enero a abril, con rompimiento de abril a julio, cuando precipitación y temperatura ascienden, con diámetro mayor de julio a enero, con precipitación alta y un segundo estado de latencia de enero a abril de 1996.

Para *P. jeffreyi*, se observa un ligero estado de letargo de enero a abril, que se rompe de abril a julio, meses en los cuales asciende la temperatura y precipitación, y diámetro mayor pero constante hasta octubre, con aumento de precipitación para el mes de agosto. Para entrar después

en un segundo período de latencia de octubre de 1995 a enero de 1996, con interrupción del letargo de enero a abril de 1996.

Para *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa un aumento del diámetro lento de enero a abril y rápido de abril a octubre, con precipitación y temperatura altas, para luego entrar en un segundo período de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996, cuando precipitación y temperatura descienden, surge el rompimiento del letargo de enero a abril de 1996.

En *P. hartwegii*, se observa un ligero estado de dormancia de enero a abril, con un diámetro constante de abril a octubre, cuando temperatura y precipitación ascienden y un segundo estado de reposo de octubre de 1995 a abril de 1996.

En tanto que, para *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa un diámetro lento de enero a abril y rápido de abril a julio, que es cuando incrementar la precipitación y la temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, el diámetro fue menor de julio a octubre, con un segundo incremento de octubre de 1995 a enero de 1996, para entrar después a un estado de reposo de enero a abril de 1996, meses en los cuales descienden precipitación y temperatura. Finalmente para *P. michoacana*, se observa reposo de enero a abril, pero de abril a julio el diámetro se incrementa en mayor grado, debido al aumento de la temperatura y la precipitación, aun cuando la precipitación fue mayor para el mes de agosto el diámetro fue menor de julio a octubre, y un segundo estado de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996, con lento crecimiento del diámetro de enero a abril.

Para la Sección *Leiophyllae*, se observa que las especies presentan diferente patrón de crecimiento ya que mientras *P. leiophylla* mantiene un patrón de crecimiento rápido y constante, *P. lumholtzii*, solo presenta crecimiento constante de abril a enero, con dos períodos de dormancia de enero a abril, cuando precipitación y temperatura son menores en ambos años.

En tanto que para la Sección *Ponderosae* *P. jeffreyi*, presenta mayor crecimiento de abril a octubre ya que en el mes de agosto se presentó mayor precipitación.

Para la Sección *Montezumae* se observa para *P. montezumae* var. *lindleyi* un mayor crecimiento de abril a octubre.

En general para la Sección *Rudis* podemos observar que *P. hartwegii*, presenta un período con crecimiento mayor de abril a octubre, cuando precipitación y temperatura son mayores.

Para la Sección *Michoacana* se observa que *P. michoacana* var. *cornuta*, muestra un incremento de diámetro en forma constante, y un solo período de dormancia de enero a abril de 1996. A diferencia de *P. michoacana* que comienza a incrementar su diámetro hasta el mes de abril de 1996.

En la Sección *Pseudostrobus* Subsecciones *Pseudostrobus* y *Oaxacana*, Sección *Serotinae*, Subsecciones *Patula* y *Oocarpa* y Sección *Teocote*, durante el período de evaluación se observa en la Figura 14 y 15 para cada una de las especies lo siguiente:

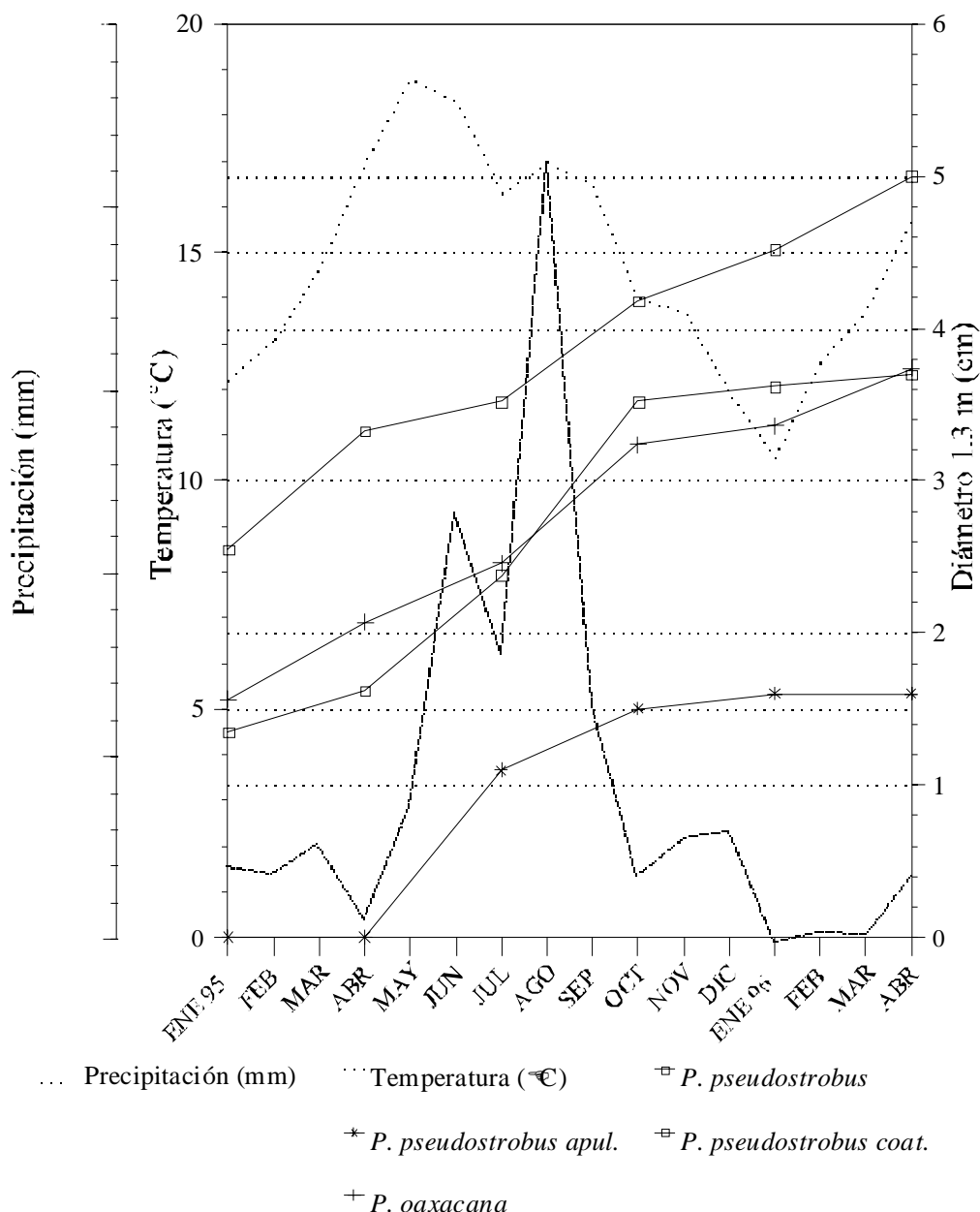


Figura 14 Comparación de crecimiento en diámetro a 1.3 m, de los pinos de la Sección *Pseudostrobus*, con la temperatura y la precipitación

*P. pseudostrobus*, presenta un incremento del diámetro rápido y constante de enero a abril, con temperatura y precipitación ascendentes. Sin embargo, para el mes de agosto se presenta precipitación alta y en junio la especie muestra letargo de abril a julio, seguido de un crecimiento rápido y constante de julio de 1995 a abril de 1996. Para *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, se observa reposo de enero a abril y rompimiento de abril a julio y lento crecimiento de julio a octubre, con un segundo estado de reposo de octubre a abril. En *P. oaxacana*, se observa un aumento rápido y constante de enero a octubre, y un ligero estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996, con crecimiento lento de enero a abril de 1996, cuando desciende temperatura y precipitación. En tanto que para *P. pseudostrobus* var.

*coatepecensis*, se observa incremento lento del diámetro de enero a abril y rápido de abril a octubre, debido a la alta temperatura y precipitación, seguido de un leve período de letargo de octubre de 1995 a abril de 1996. Para *P. greggii*, se presenta un diámetro con crecimiento lento de enero a abril y rápido de abril a octubre y mayor precipitación en junio a agosto, con un período de letargo de octubre a enero, que se interrumpe de enero a abril de 1996.

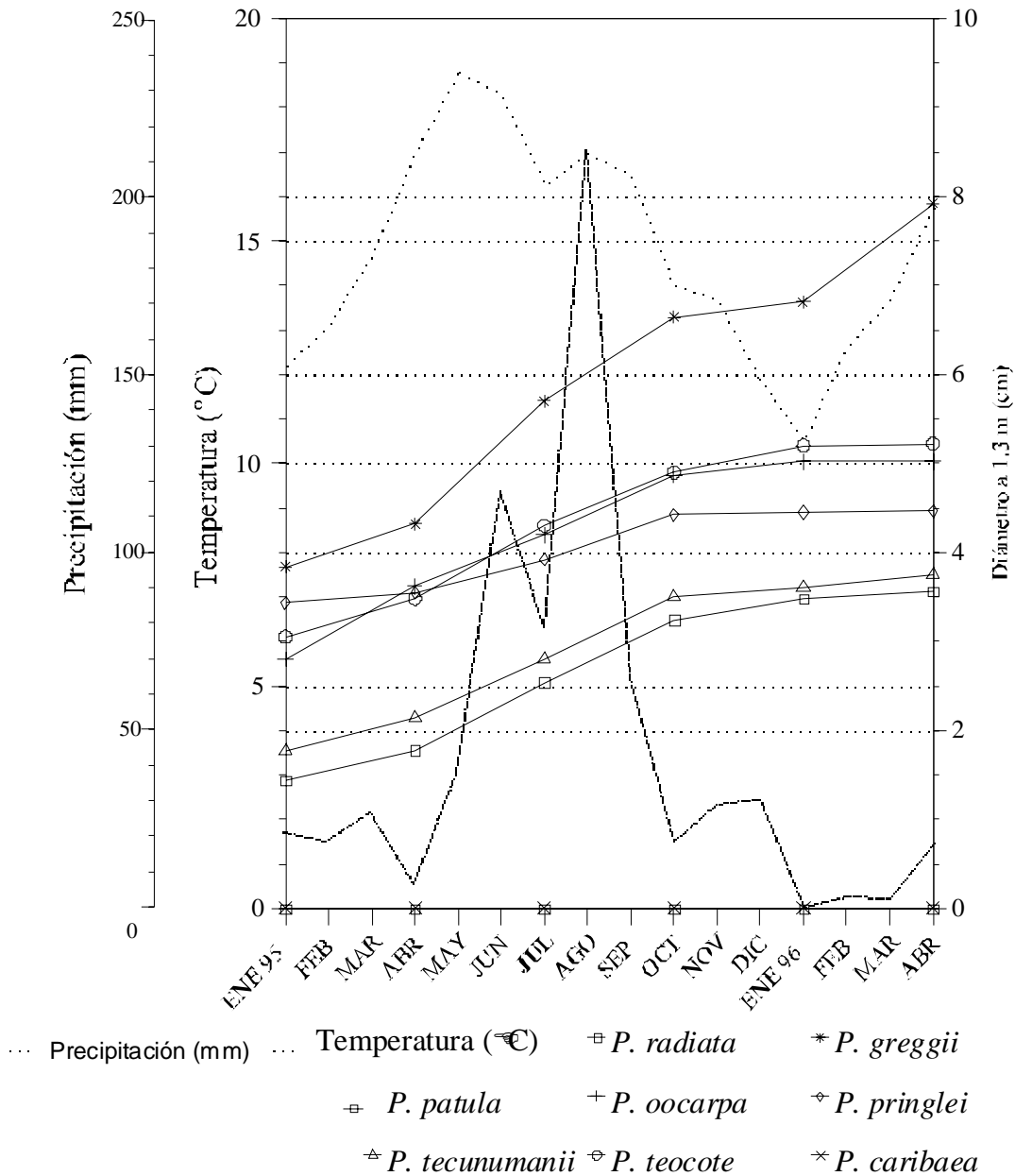


Figura 15. Comparación de crecimiento en diámetro a 1.3 m, de los pinos de la Sección Serotinae, Teocote y Caribaea, con la temperatura y la precipitación

Para *P. patula*, se observa un diámetro con crecimiento lento y constante de enero a octubre. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para junio y agosto la especie presentó mayor crecimiento para los meses de octubre de 1995 al mes de abril de 1996. En *P. pringlei*,

presenta dormancia de enero a abril y se interrumpe de abril a julio cuando se incrementa temperatura y precipitación, la especie presentó incremento del diámetro lento pero constante hasta octubre, con un segundo estado de dormancia de octubre de 1995 a abril de 1996.

Para *P. tecunumanii*, el diámetro es constante de enero a octubre, con mayor precipitación en junio y julio y letargo con temperatura en ascenso, con inicio de un período de letargo en octubre de 1995 que se prolonga hasta abril de 1996.

En *P. oocarpa*, el incremento del diámetro es rápido y constante de enero a octubre, con mayor precipitación en junio y agosto con mayor temperatura, seguido de un estado de reposo de octubre de 1995 a abril de 1996.

Finalmente para *P. teocote*, el aumento del diámetro es rápido y constante de enero a octubre, con mayor precipitación de junio a agosto y de abril a agosto con mayor temperatura y un estado de dormancia de octubre de 1995 a abril de 1996.

En general para la Sección *Pseudostrobus*, se observa que las especies mantienen un incremento del diámetro constante de enero a octubre a mayor temperatura y precipitación, seguido de un letargo de octubre a abril. Excepto para *P. pseudostrobus* que se incrementa su diámetro hasta abril de 1996. Para *P. oaxacana*, sale de la fase de reposo en enero de 1996, y continua su fase de crecimiento hasta abril de 1996 aunque la precipitación haya sido menor.

En general para la Sección *Serotinae* las especies presentan un patrón de crecimiento similar, excepto por el período de dormancia que se presenta en *P. greggii* para los meses de octubre de 1995 a enero de 1996, que es cuando descienden temperatura y precipitación, a diferencia de *P. patula* que presenta dormancia de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Teocote* en *P. teocote*, se observa un diámetro con crecimiento constante, con un solo período de reposo de enero a abril de 1996.

Respecto a este apartado dasométrico de diámetro a 1.3 m de altura, se observa en general, que las especies que mayor crecimiento presentan son Figura 16: *P. tecunumanii*, *P. patula*, *P. greggii*, *P. pseudostrobus coatepecensis*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobus* y *P. michoacana* y las especies que menor crecimiento mostraron son: *P. radiata*, *P. hartwegii*, *P. pinceana*, *P. culminicola*, *P. discolor*, *P. cembroides*, *P. ayacahuite brachyptera*.

Por lo tanto se considera que las Secciones que mayor incremento del diámetro a 1.3 m muestran son, la Sección *Pseudostrobus* y *Serotinae*, a diferencia de las Sección *Paracembra*, que fue en la que menor crecimiento hubo.

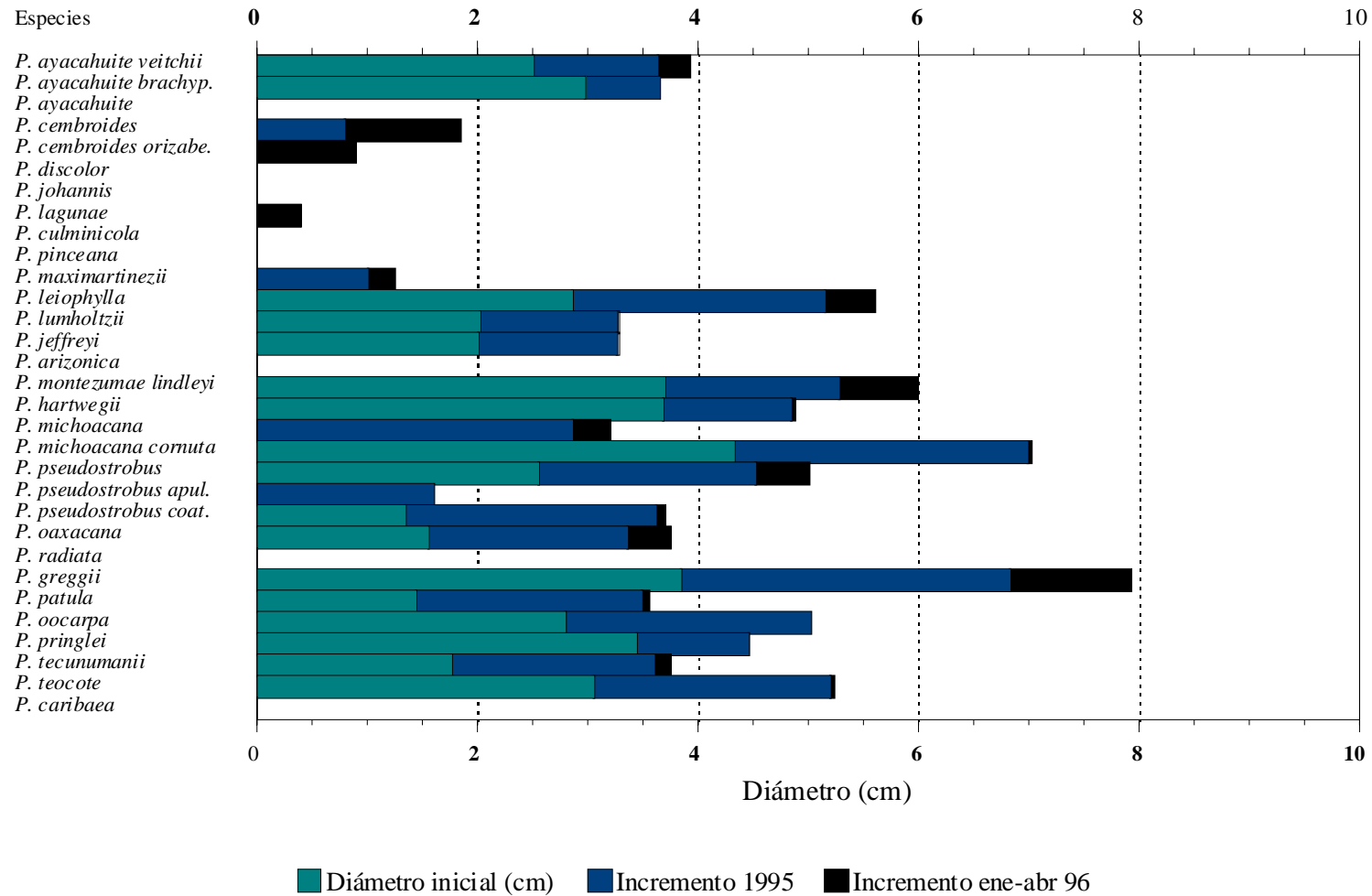


Figura 16. Comparación del diámetro a 1.3 m inicial y sus incrementos de las especies del *Pinetum*.

## Crecimiento en altura

Para la Sección *Cembra* y Sección *Paracembra*, Subsección *Cembroides* durante el período de evaluación, se observa en las Figuras 17 y 18 para cada una de las especies lo siguiente.

*P. ayacahuite* var. *brachyptera* muestra un lento crecimiento de enero a abril, cuando asciende la temperatura y mayor de abril a julio, cuando asciende la precipitación. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie se mantuvo en dormancia de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996, y crecimiento rápido.

Para *P. ayacahuite* var. *veitchii*, se observa un crecimiento rápido de enero a julio cuando asciende tanto precipitación como temperatura, y lento de julio a octubre a precipitación alta y estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996 que se rompe de enero a abril de 1996, con crecimiento rápido a pesar de una precipitación baja. En *P. ayacahuite*, se observa un crecimiento lento y constante de enero a julio cuando ascienden la precipitación y temperatura y rápido de julio a octubre a mayor precipitación, seguido de un estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996 con crecimiento lento de enero a abril de 1996.

En *P. cembroides*, se observa un lento crecimiento de enero a abril cuando asciende la temperatura, y rápido de abril a julio cuando asciende la precipitación. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie mantuvo un crecimiento menor de julio de 1995 a enero de 1996 con crecimiento mayor de enero a abril de 1996, a pesar de una precipitación baja. Para *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, se observa letargo de enero a abril, cuando asciende la temperatura, y crecimiento constante de abril a octubre, cuando asciende la precipitación, seguido de un menor crecimiento de octubre de 1995 a abril de 1996.

En tanto que para *P. discolor*, se observa un período de dormancia de enero a abril, cuando se incrementa la temperatura, misma que se interrumpe de abril a octubre, cuando se presenta mayor precipitación, para entrar después a un segundo estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996 con un crecimiento lento de enero a abril de 1996.

En *P. johannis*, se observa un lento crecimiento de enero a abril, con crecimiento rápido de abril a julio cuando asciende precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie presenta dormancia de julio de 1995 a abril de 1996.

Para *P. lagunae*, se observa crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura, con crecimiento menor pero constante de julio de 1995 a enero de 1996, y crecimiento mayor de enero a abril de 1995 aun con precipitaciones bajas.

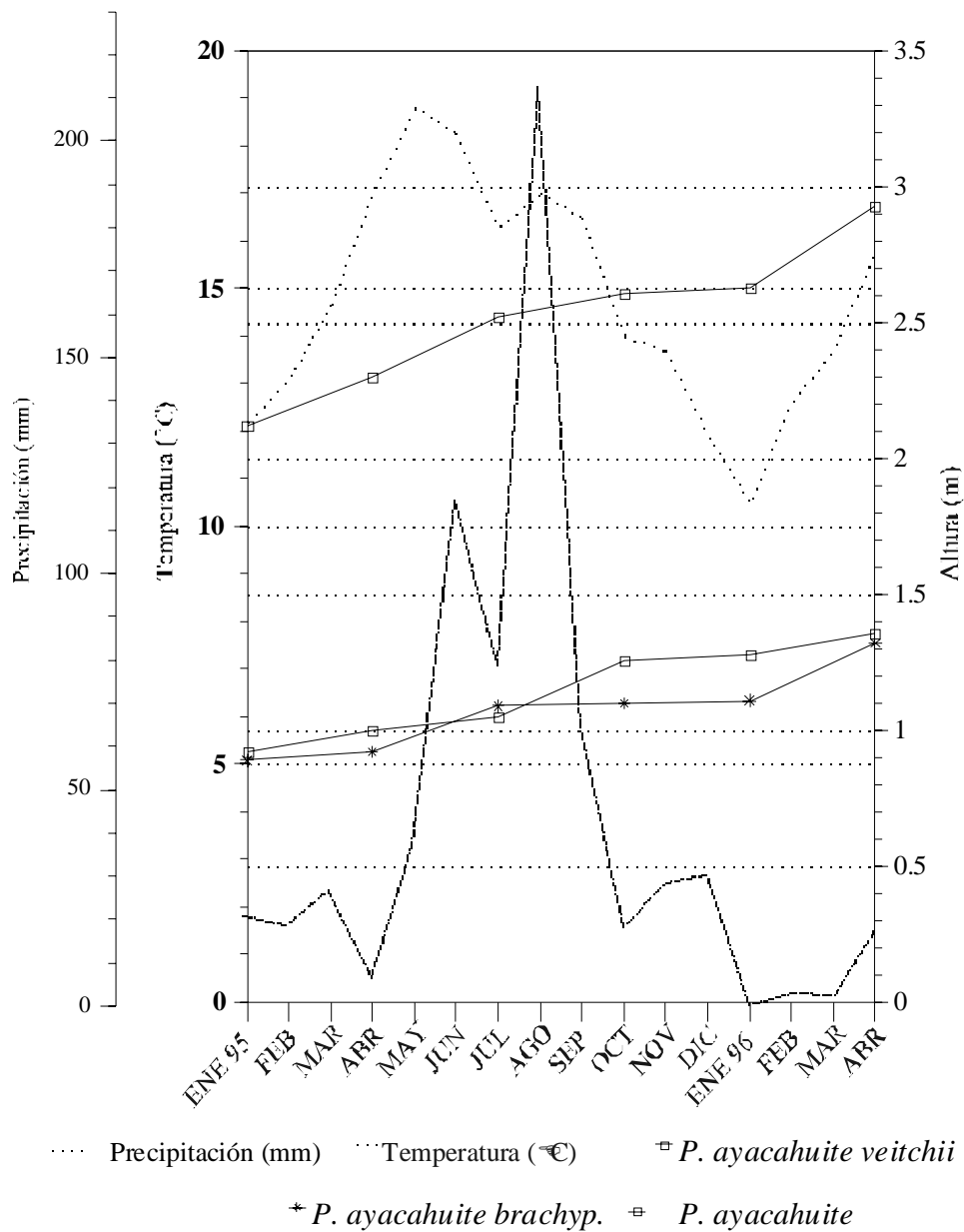


Figura 17. Comparación de crecimiento en altura de los pinos de la Sección Cembra con la temperatura y la precipitación.

Para *P. culminicola*, se aprecia un crecimiento lento pero constante de enero de 1995 a abril de 1996. Para *P. pinceana*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a abril cuando asciende la temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación haya sido mayor en junio y agosto, la especie permaneció en dormancia de julio de 1995 a enero de 1996 con interrupción en abril de 1996.





En general para la Sección *Paracembra* y Subsección *Cembroides*, se observa mayor crecimiento de abril a julio cuando se incrementan precipitación y temperatura. Por otro lado para *P. cembroides* y *P. lagunae*, se observa crecimiento rápido de enero a abril de 1996.

Para la Subsección *Pinceana*, se observa el mismo patrón de crecimiento, excepto por la fase de reposo que presenta *P. pinceana* de octubre de 1995 a enero de 1996 cuando desciende la precipitación.

En las Secciones *Leiophyllae*, *Ponderosae* y *Montezumae* se observa en la Figura 19 para cada una de las especies lo siguiente:

*P. leiophylla*, presenta un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando asciende precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque en agosto se presenta la mayor precipitación, la especie muestra dormancia de julio a octubre y mayor crecimiento de octubre de 1995 a abril de 1996.

En *P. lumholtzii* el crecimiento es constante de enero a julio cuando asciende precipitación y temperatura, seguido de un estado de dormancia de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996.

Para *P. jeffreyi* el crecimiento es rápido y constante de enero a octubre, cuando aumenta precipitación y temperatura, seguido de un menor crecimiento de octubre de 1995 a enero de 1996 y mayor de enero a abril de 1996 cuando la precipitación y temperatura son bajas.

En *P. arizonica*, se observa un crecimiento lento de enero a abril cuando asciende la temperatura, y mayor de abril a julio cuando asciende la precipitación, para luego entrar en estado de letargo de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996.

Con *P. montezumae* var. *lindleyi* el crecimiento es rápido y constante de enero a julio, cuando ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie se mantuvo en letargo de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Leiophyllae*, se observa que las dos especies *P. lumholtzii* y *P. leiophylla* siguen el mismo patrón, tanto en las fases de crecimiento como en el período de reposo.

En la Sección *Ponderosae*, se observa el mismo patrón de crecimiento de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura. En *P. arizonica*, se presenta período de dormancia de julio de 1995 a abril de 1996 cuando se presenta mayor precipitación para el mes de agosto, a diferencia de *P. jeffreyi* que presenta crecimiento lento y constante de julio de 1995 a enero de 1996, y rápido de enero a abril de 1996 cuando la precipitación y temperatura son bajas.

Para la Sección *Montezumae* en *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa un patrón de crecimiento rápido de abril a julio cuando asciende precipitación y temperatura, con baja precipitación de enero a abril de 1996.

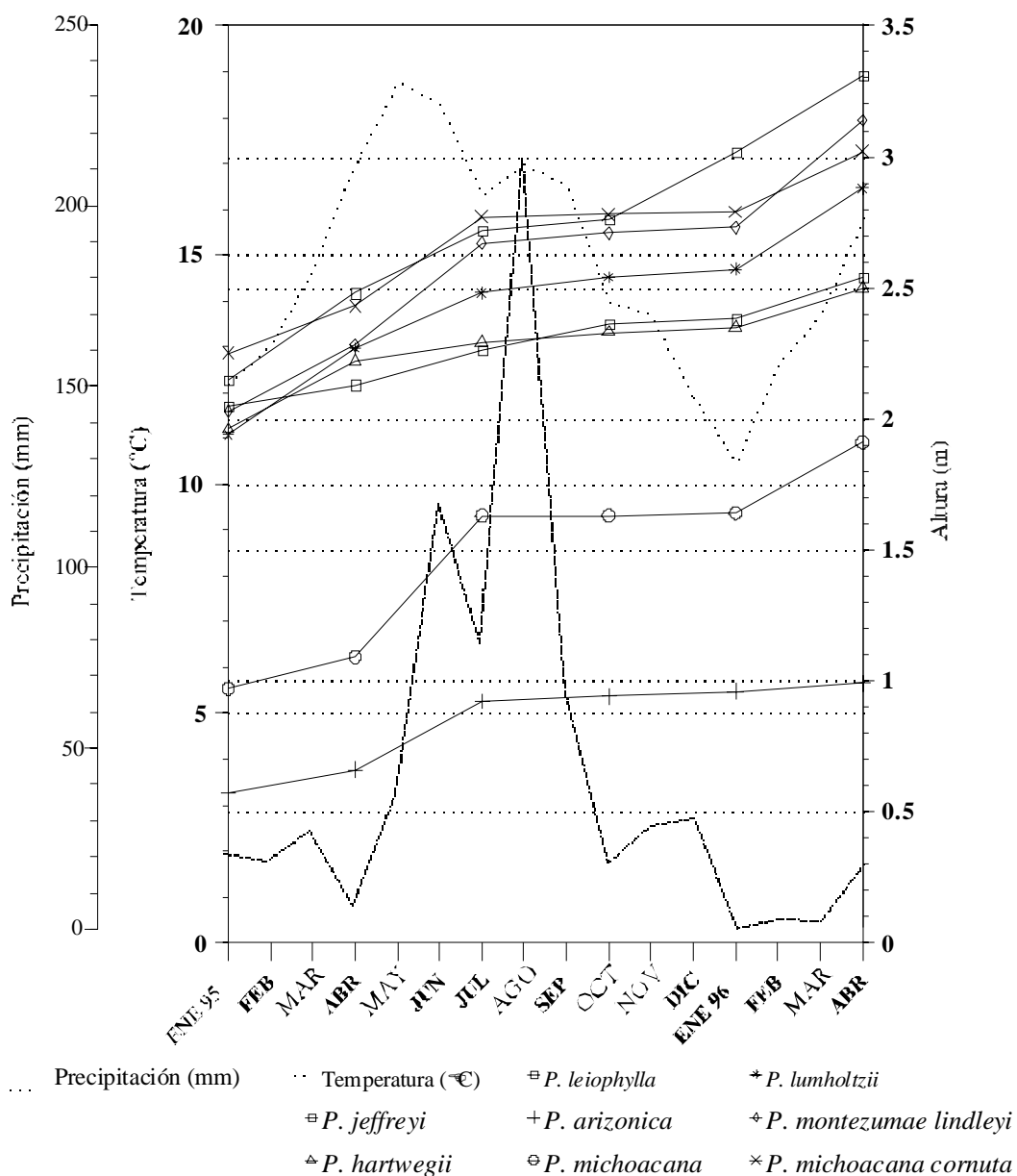


Figura 19. Comparación de crecimiento en altura de los pinos de la Sección *Leiophyllae*, *Ponderosae* y *Montezumae*, con la temperatura y la precipitación

En la Subsección *Rudis*, *Michoacana*, Sección *Pseudostrobus*, Subsección *Oaxacana* durante el período de evaluación, se observa en las Figuras 19 y 20 para cada una de las especies lo siguiente:

Para *P. hartwegii*, se observa un crecimiento rápido de enero a abril cuando asciende temperatura y menor pero constante de abril de 1995 a enero de 1996 cuando asciende la precipitación, y crecimiento mayor de enero a abril de 1996 con la menor precipitación.

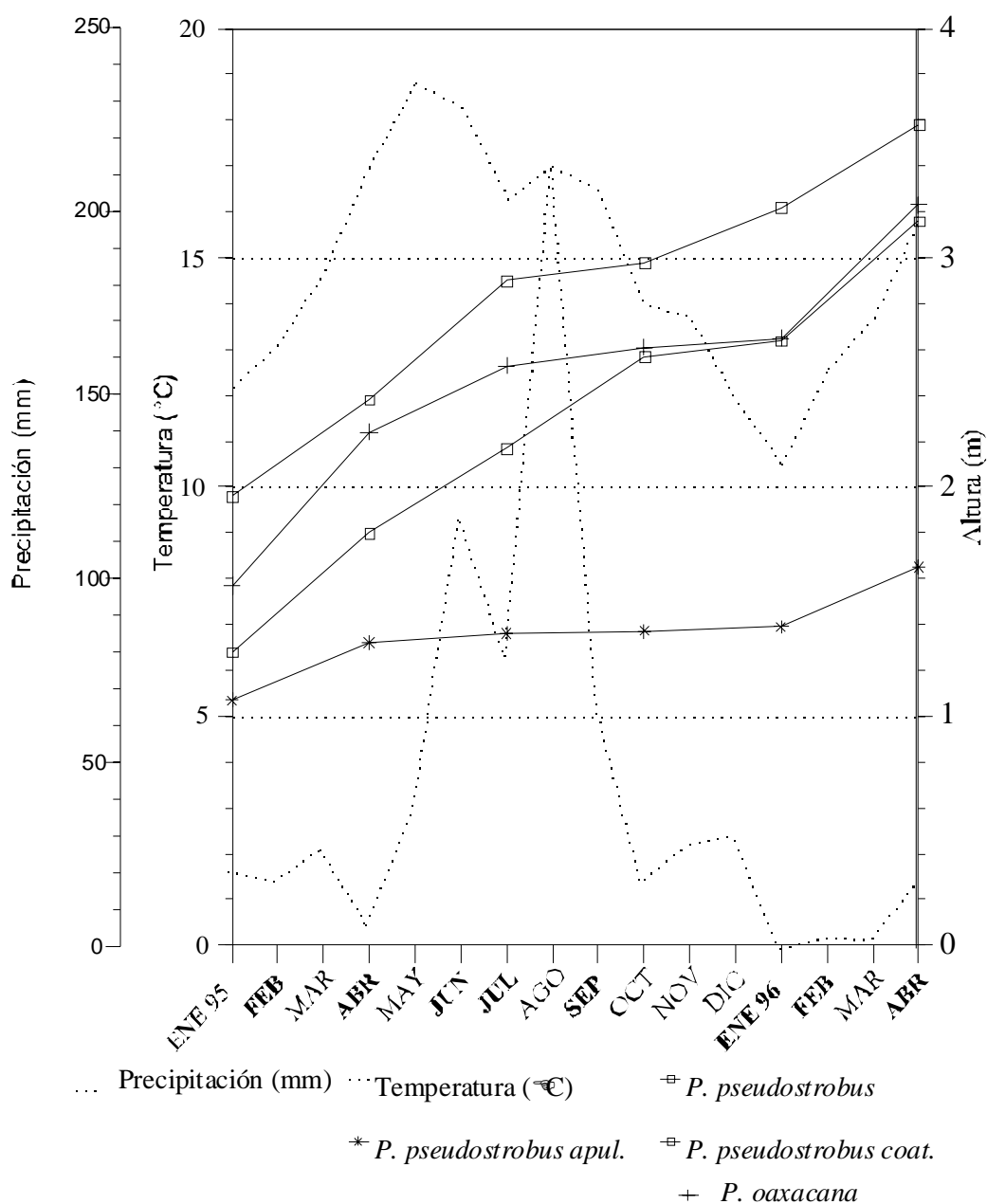


Figura 20. Comparación de crecimiento en altura de los pinos de la Sección Pseudostrobus, con la temperatura y la precipitación

En *P. michoacana*, se observa un crecimiento lento de enero a abril cuando asciende la temperatura, y mayor de abril a julio cuando asciende la precipitación, seguido de un estado de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996 cuando desciende precipitación y temperatura, y rápido de enero a abril de 1996. Para *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie permaneció en dormancia de julio de 1995 a enero 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En *P. pseudostrobilus*, presenta un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando asciende temperatura y precipitación, con letargo de julio a octubre, y mayor crecimiento de octubre de 1995 a abril de 1996, aun con baja precipitación. Para *P. Pseudostrobilus* var *apulcensis* el crecimiento es lento de enero a abril cuando asciende temperatura, seguido de un prolongado estado de latencia de abril de 1995 a enero de 1996 e interrupción en abril de 1996. En *P. oaxacana*, se observa un crecimiento mayor de enero a abril cuando asciende temperatura, y menor de abril a julio aun cuando en estos meses asciende la precipitación, al igual que para el mes de agosto cuando es mayor la precipitación y la especie permanece en latencia de julio de 1995 a enero de 1996 que es interrumpido de enero a abril de 1996. Para *P. pseudostrobilus* var. *coatepecensis*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor en agosto la especie permaneció en latencia de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En general para la Sección *Rudis*, *P. hartwegii* muestra un crecimiento mayor para los meses de enero a abril de ambos años.

Para la Sección *Michoacana*, se observa el mismo patrón de crecimiento en *P. michoacana* y *P. michoacana* var. *cornuta* tanto en el período de reposo como en el de crecimiento.

Así de tal forma la Sección *Pseudostrobilus*, se observa un mayor grado de crecimiento de enero a julio, excepto para *P. pseudostrobilus* var. *apulcensis* que entra en letargo desde abril de 1995.

En la Sección *Serotinae*, Subsección *Patula*, Subsección *Oocarpa* y Secciones *Teocote* y *Caribaea* (Figura 21) durante el período de evaluación, se observó para cada una de las especies lo siguiente:

En *P. radiata*, se observa un crecimiento lento pero constante de enero de 1995 a abril de 1996. En tanto que para *P. greggii*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando ascienden tanto precipitación como temperatura y menor pero constante de julio de 1995 a enero de 1996, y mayor de enero a abril de 1996 aun con precipitaciones bajas. En tanto que *P. patula*, muestra un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque en agosto se presentó la mayor precipitación la especie permaneció en dormancia de julio de 1995 a enero de 1996, y crecimiento lento de enero a abril de 1996.

Para *P. oocarpa*, se observa un crecimiento lento pero constante de enero a julio cuando ascienden tanto precipitación como temperatura aunque en agosto se presentó la mayor precipitación la especie permaneció en latencia de julio a octubre y de octubre de 1995 a enero de 1996, con mayor crecimiento y un segundo estado de latencia de enero a abril de 1996.

Para *P. pringlei*, se observa un crecimiento lento de enero a abril cuando asciende la temperatura, con mayor precipitación en agosto, y dormancia de abril a julio, para continuar con un crecimiento lento pero constante de abril a octubre y un segundo estado de dormancia de enero a abril de 1996.

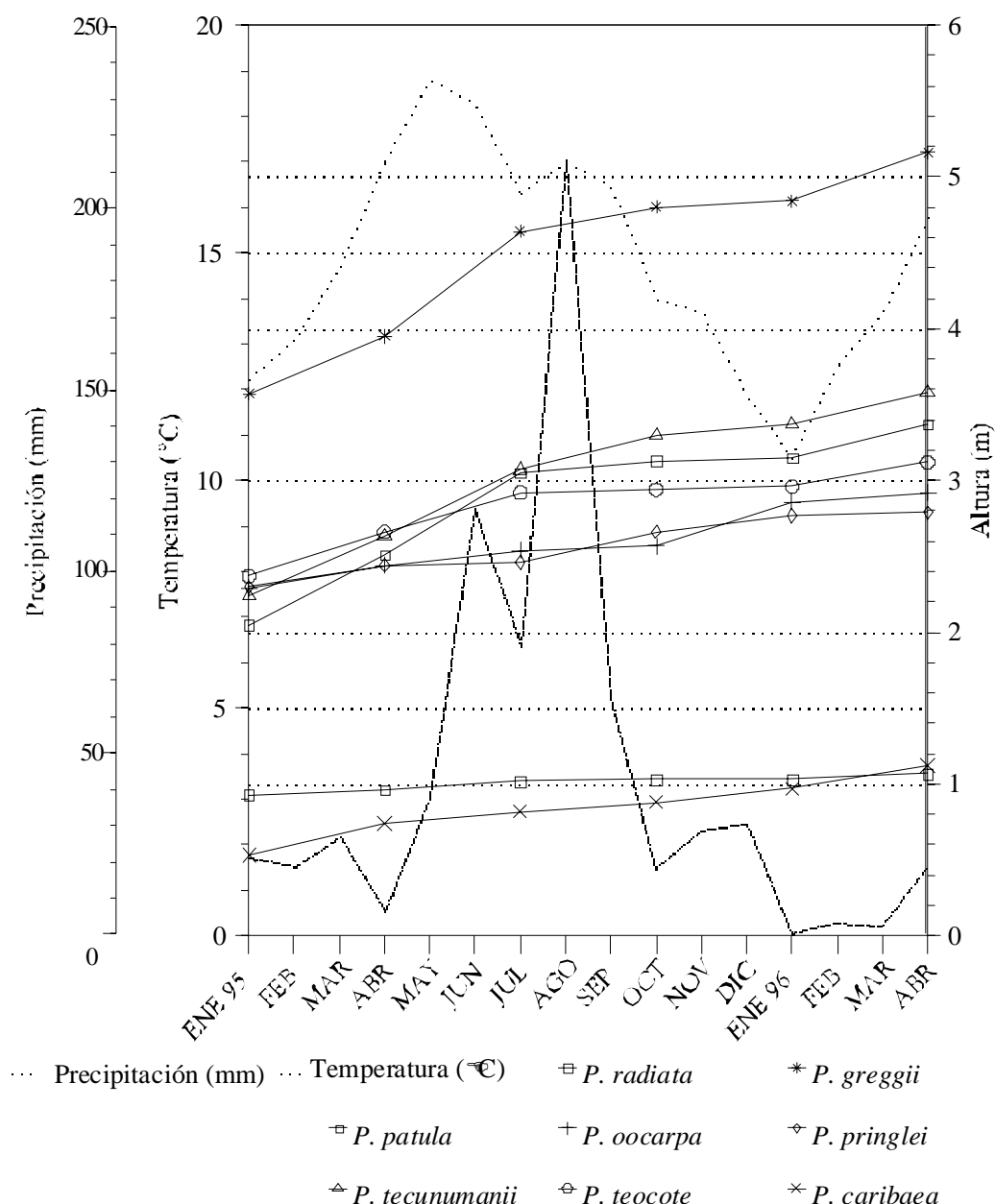


Figura 21. Comparación de crecimiento en altura de los pinos de la Sección Serotinae, Teocote y Caribaea, con la temperatura y la precipitación

En *P. tecunumanii*, se observa poco crecimiento de enero a abril con mayor crecimiento de abril a octubre cuando asciende la precipitación y menor de octubre de 1995 a enero de 1996, cuando se incrementa la temperatura de enero a abril de 1996.

Para *P. teocote*, se observa un crecimiento lento pero constante de enero a julio cuando ascienden tanto precipitación como temperatura, seguido de un estado de latencia de julio a enero, aunque para el mes de agosto se haya presentado la mayor precipitación, la especie mostró mayor crecimiento de enero a abril de 1996.

Finalmente para *P. caribaea*, se observa un crecimiento lento pero constante de enero de 1995 a abril de 1996.

En general para la Subsección *Patula*, en *P. radiata*, *P. greggii* y *P. patula*, se observa que el período de mayor crecimiento para las tres especies es de enero a abril de 1995 y desciende de abril a julio, con un nuevo aumento de enero a abril de 1996 aun con la menor precipitación.

Para la Subsección *Oocarpa*, se observa crecimiento lento de enero a abril de 1995 con aumento casi constante para *P. tecunumanii*, *P. pringlei* y *P. oocarpa*, se observa el mismo patrón de crecimiento, excepto por el período de reposo que se presenta para *P. oocarpa* de julio a octubre. Para *P. pringlei* de abril a julio y de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Teocote* en *P. teocote*, se observa un período de mayor crecimiento de enero a julio y de enero a abril de 1996.

Finalmente para la Sección *Caribaea* en *P. caribaea*, se observa mayor crecimiento de enero a abril de ambos años, con un crecimiento menor y constante de abril a enero de 1995.

Comparando las alturas para las Secciones Figura 22, se observa que las especies con mayor incremento en crecimiento son: *P. greggii*, *P. tecunumanii*, *P. patula*, *P. oaxacana* y *P. pseudostrobus* var. *coatepecensis* y las que menor incremento presentaron son: *P. culminicola*, y *P. radiata*, con crecimiento medio son: *P. leiophylla*, *P. montezumae* var. *lindleyi*, *P. teocote*, *P. michoacana*, *P. michoacana* var. *cornuta*, *P. oocarpa*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. lumholtzii*, *P. pringlei*, *P. maximartinezii* y *P. caribaea*. Por lo tanto las Secciones que mayor crecimiento mostraron son: la Sección *Pseudostrobus*, con la Subsección *Oaxacana* y la Sección *Serotinae* con la Subsección *Patula*.

#### Longitud del brote apical del eje

En la Sección *Cembra*, Sección *Paracembra*, Subsección *Cembroides* y *Pinceana* Figuras 23 y 24 durante el período de evaluación, se observó para cada una de las especies lo siguiente:

Para *P. ayacahuite* var. *brachyptera*, se observa un crecimiento rápido y constante en la longitud apical de enero a julio cuando comienza a ser ascendente precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque en el mes de agosto se presentó mayor precipitación la especie se mantuvo en dormancia de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996. En *P. ayacahuite* var. *veitchii*, se observa un crecimiento rápido y constante en la longitud apical del brote de enero a julio, meses en los cuales asciende precipitación y temperatura con un crecimiento mayor de julio a octubre, período en el cual es mayor la precipitación y menor de octubre de 1995 a enero de 1996 cuando desciende la precipitación, y una segunda fase de crecimiento continuo de enero a abril de 1996. Para *P. ayacahuite*, se observa un crecimiento apical rápido y constante de enero a octubre, meses en los cuales se presenta la mayor precipitación y temperatura, con un estado de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996, período en cual desciende la precipitación e interrupción de enero a abril de 1996.

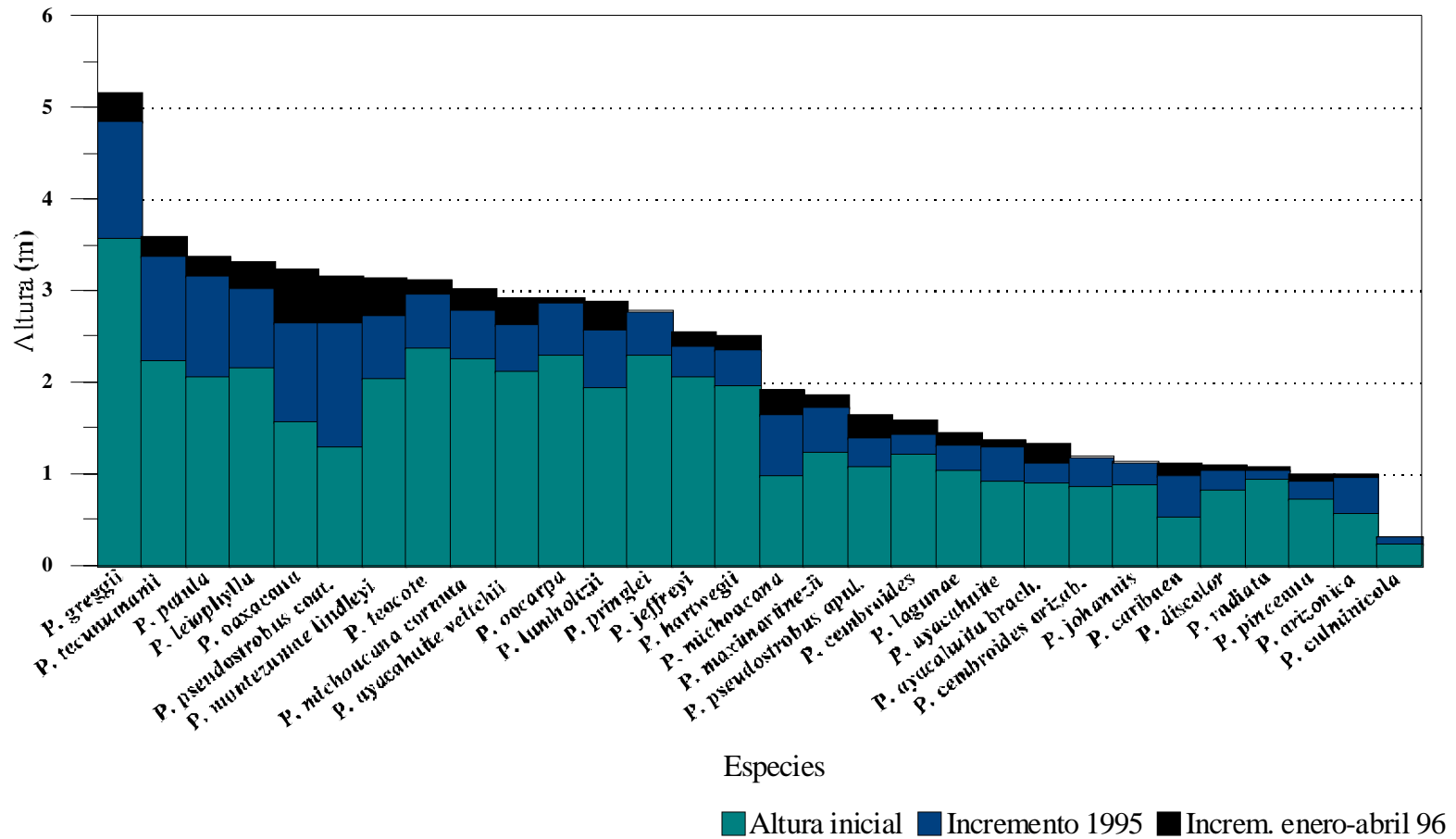


Figura 22. Comparación de altura inicial con incrementos de las especies del *Pinetum* Cuautitlán Izcalli.



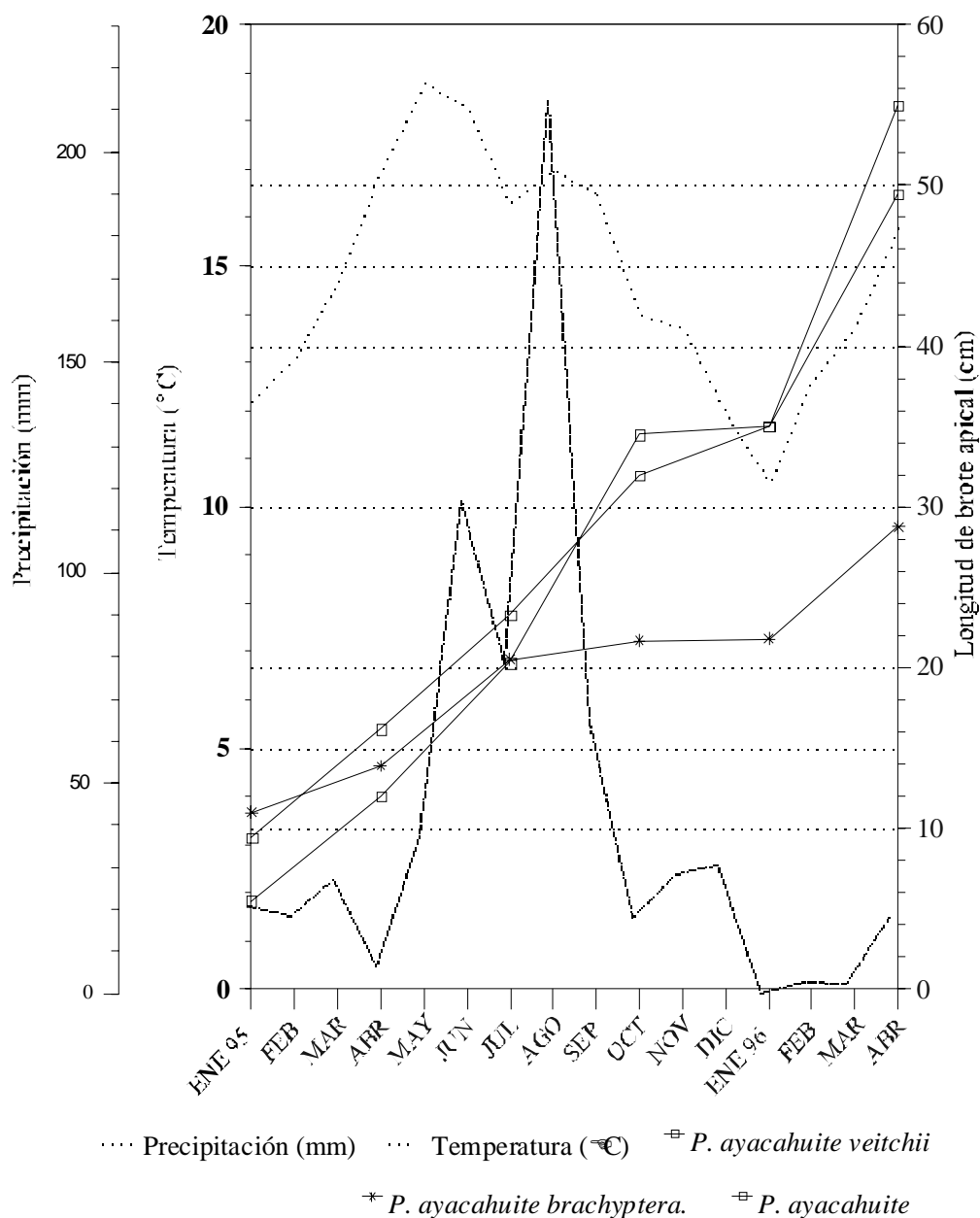


Figura 23. Comparación del crecimiento del brote apical (cm) de los pinos de la Sección Cembra, con la temperatura y precipitación.

Para *P. cembroides*, se observa un crecimiento rápido y constante en la longitud apical de enero a julio, período en el cual ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto la especie se mantuvo en estado de dormancia

de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996. En *P. cembroides* sub. sp. *orizabensis*, se observa un ligero estado de dormancia de enero a abril cuando comienza a ser ascendente la temperatura, seguido de un crecimiento apical constante de abril de 1995 a abril de 1996.

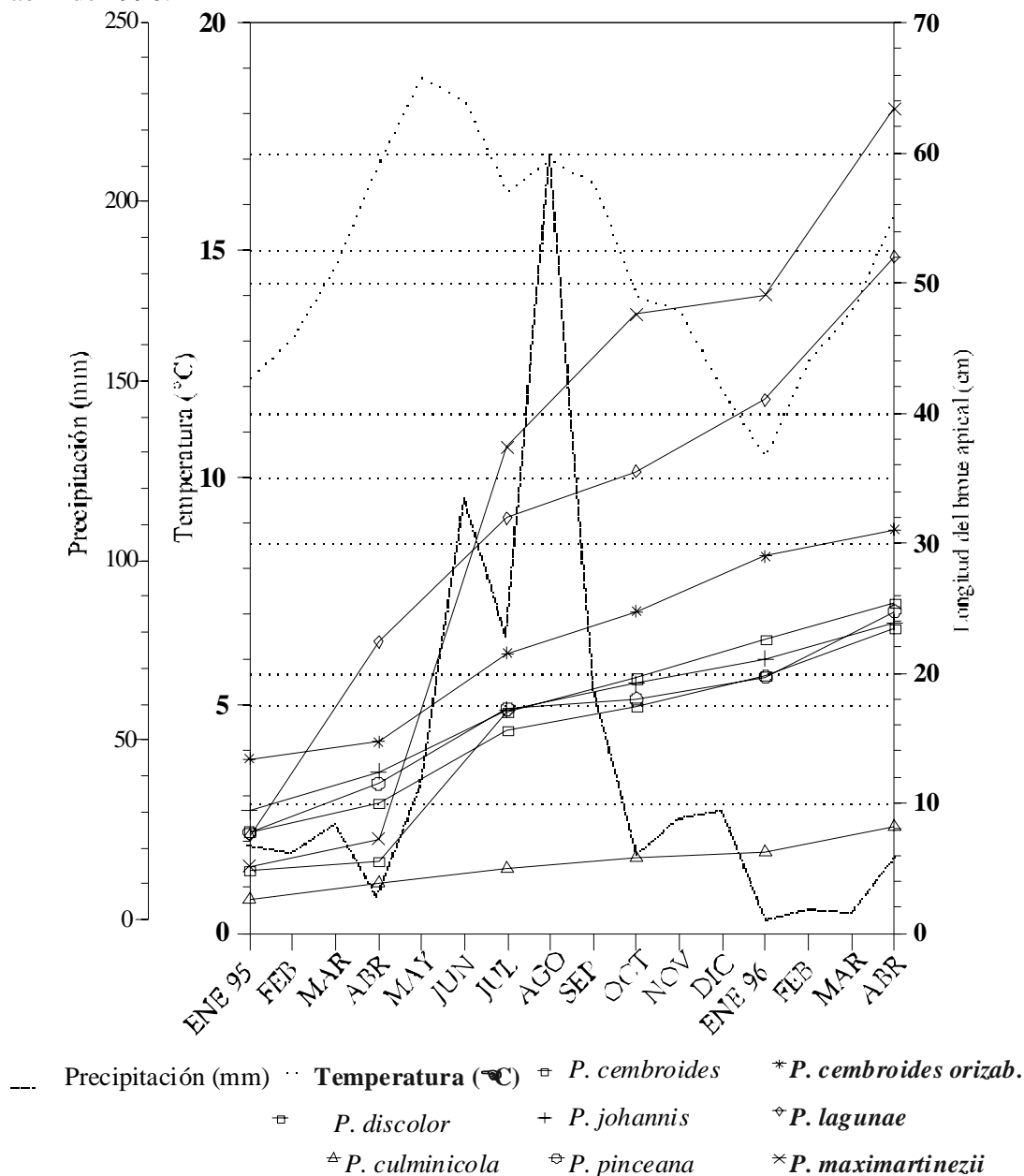


Figura 24. Comparación del crecimiento del brote apical (cm) de los pinos de la Sección Paracembra, con la temperatura y la precipitación

En tanto que *P. discolor*, presenta letargo de enero a abril, con crecimiento rápido de abril a julio y precipitación alta en junio a agosto, con letargo de julio a octubre e interrupción de octubre de 1995 a abril de 1996.

A diferencia de *P. johannis*, que presenta un crecimiento lento de enero a abril cuando asciende la temperatura, y mayor de abril a octubre a mayor precipitación, seguido de un estado de reposo de octubre de 1995 a abril de 1996, que es cuando desciende precipitación y temperatura.

En *P. lagunae*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a julio, e incremento de la precipitación, seguido de un estado de reposo de julio a octubre e interrupción de octubre de 1995 a enero de 1996, que se prolonga en forma constante de octubre de 1995 a abril de 1996.

Para *P. culminicola*, se observa una longitud del brote apical constante de enero de 1995 a abril de 1996. En *P. pinceana*, el crecimiento longitudinal es rápido y constante de enero a julio con precipitación y la temperatura ascendente, con mayor precipitación en agosto y estado de letargo de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

Finalmente para *P. maximartinezii*, se presenta un crecimiento apical lento de enero a abril y en aumento de abril a julio, cuando asciende precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie presentó menor crecimiento de julio a octubre, con un estado de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En general para la Subsección *Pinceana*, en *P. pinceana*, se observa un crecimiento lento a diferencia de *P. maximartinezii* que presenta mayor crecimiento de abril a julio y de enero a abril cuando asciende la temperatura.

En general para la Sección *Cembra*, se observa que las tres especies presentan un crecimiento apical constante y similar de enero a julio, e incremento de la precipitación. Sin embargo, aunque la precipitación fue menor para los últimos meses de registro. Para *P. ayacahuite veitchii* y *P. ayacahuite*, se observa buen crecimiento de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Paracembra*, se presenta un crecimiento mayor entre abril y julio, meses en los cuales comenzó a ascender la precipitación y períodos de letargo de enero a abril de 1995, excepto para *P. lagunae* que inicia su elongación desde enero estando aun en mayor grado fases de dormancia entre julio de 1995 y enero de 1996, excepto para *P. cembroides orizabensis*, que mantiene un incremento de la longitud casi constante a partir de abril de 1995.

En la Sección *Leiophyllae*, *Ponderosae* y *Montezumae*, Subsección *Montezumae* Figura 25, se observa para cada una de las especies lo siguiente.

Para *P. leiophylla*, se observa un crecimiento apical rápido y constante de enero a julio, cuando asciende precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque agosto haya sido el mes con mayor precipitación la especie mostró estado de letargo de julio a octubre para continuar la fase de crecimiento constante hasta abril de 1996.

En *P. lumholtzii*, la longitud apical en crecimiento es lenta de enero a abril y mayor de abril a julio aun con precipitación alta, la especie permaneció en estado de letargo de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.



Finalmente en *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa un crecimiento mayor de abril a julio cuando se incrementa la precipitación. Sin embargo, aunque en agosto se presentó la mayor precipitación, la especie permaneció en estado de letargo de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En la Sección *Leiophyllae*, se presenta un patrón de crecimiento muy similar, excepto por el período de reposo que presenta *P. lumholtzii* de julio a enero, aun con la mayor precipitación, se observa que las especies muestran letargo de julio a enero, con dominancia en el incremento de la longitud apical de abril a julio y de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Ponderosae*, se observa un patrón de crecimiento muy similar de enero a julio y de octubre a abril, pero de julio a octubre, *P. arizonica* presenta dormancia a pesar de la precipitación alta, para el mes de agosto, a diferencia de *P. jeffreyi* que continua con la fase de crecimiento.

Para la Sección *Montezumae* en *P. montezumae* var. *lindleyi*, se presenta mayor crecimiento de abril a julio de 1995 y de enero a abril de 1996 cuando asciende precipitación y temperatura.

Para la Subsección *Rudis* y *Michoacana*, Sección *Pseudostrobus*, Subsección *Pseudostrobus* y *Oaxacana* Figura 26, durante el período de evaluación, se observa para cada una de las especies lo siguiente.

Para *P. hartwegii*, se observa un crecimiento apical lento y constante de enero a julio, aun con alta precipitación en agosto, la especie presentó letargo de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En *P. michoacana* el crecimiento es lento de enero a abril y mayor de abril a julio cuando son ascendentes precipitación y temperatura, aun cuando en agosto la precipitación fue mayor la especie mostró dormancia de julio de 1995 a enero de 1996, e interrupción de enero a abril de 1996. En tanto que para *P. michoacana cornuta*, se presenta un crecimiento lento y constante de enero a julio con presencia de letargo en agosto, que continua de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En *P. pseudostrobus*, se presenta un ligero estado de letargo de enero a abril y un lento crecimiento de abril a julio cuando asciende precipitación y temperatura, para entrar después en un estado de dormancia de julio a octubre, aun cuando en agosto se haya presentado la mayor precipitación, y crecimiento mayor de octubre a abril de 1996. Así *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, muestra un crecimiento lento y constante de enero de 1995 a abril de 1996. A diferencia de *P. oaxacana*, cuyo crecimiento apical es rápido y constante de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie mostró letargo de julio de 1995 a enero de 1996 con interrupción de enero a abril de 1996. En tanto que para *P. pseudostrobus* var. *coatepecensis* el crecimiento es lento de enero a abril y mayor de abril a julio cuando asciende precipitación y temperatura, para entrar después en estado de letargo de julio a enero e interrupción del letargo de enero a abril de 1996.

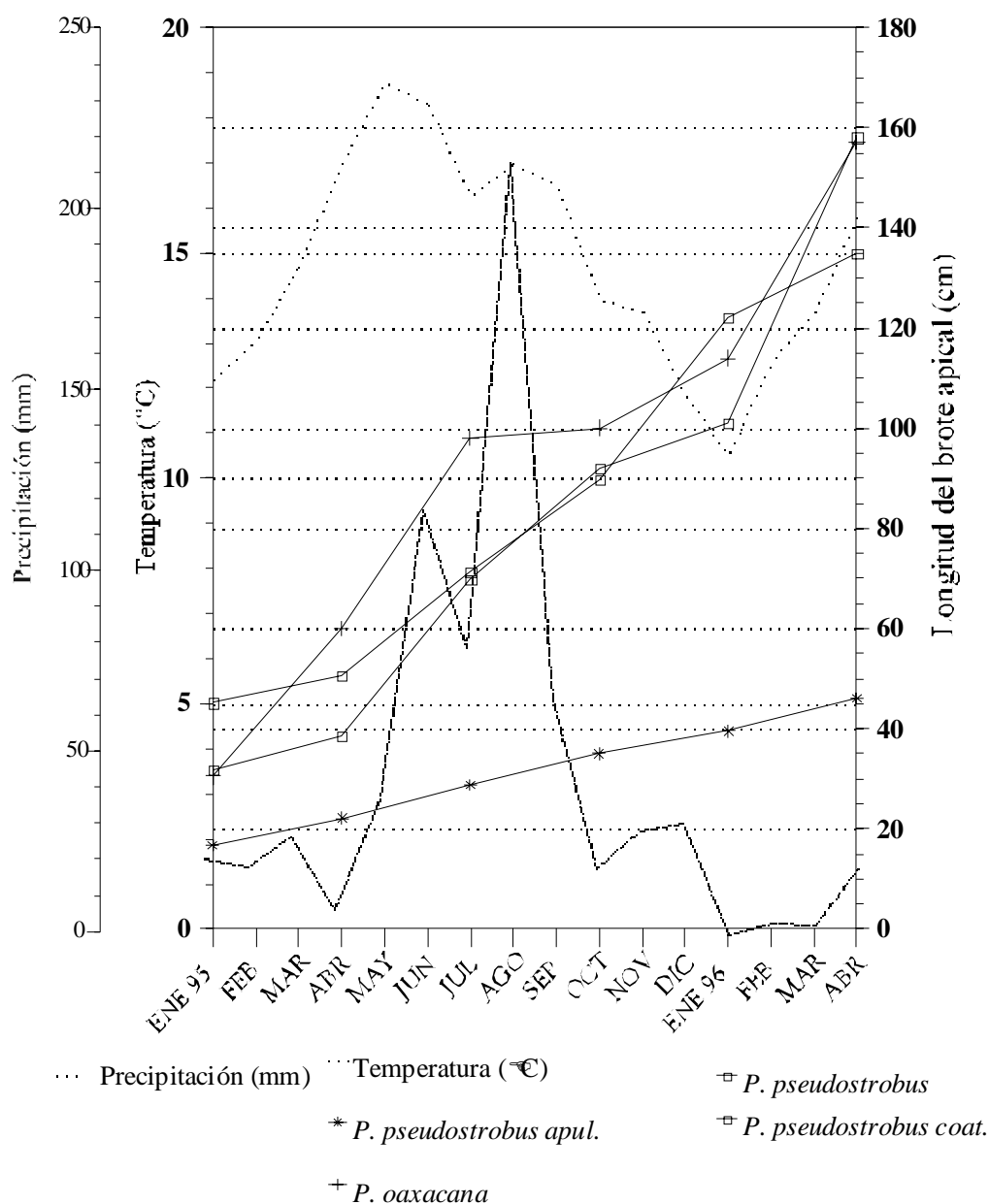


Figura 26. Comparación de el crecimiento del brote apical (cm) de los pinos de la Sección Pseudostrobus, con la temperatura y la precipitación

Para *P. radiata*, se observa un crecimiento apical lento pero constante de enero de 1995 a enero de 1996 con un ligero incremento de enero a abril de 1996, que es cuando se incrementa precipitación y temperatura Figura 27.

De tal forma el crecimiento apical de *P. greggii* es rápido y constante de enero a julio, cuando ascienden precipitación y temperatura, con incremento de julio a octubre cuando aumenta la precipitación, para continuar la fase de crecimiento en menor grado de octubre de 1995 a abril de 1996.

Para *P. patula* el crecimiento apical es rápido y constante de enero a julio cuando se incrementa precipitación, para entrar en un ligero estado de letargo de julio de 1995 a enero de 1996, aun cuando en agosto se haya presentado la mayor precipitación y continuar con su crecimiento apical de enero a abril 1996.

En general para la Sección *Rudis*, se observa mayor crecimiento de enero a julio y de enero a abril de 1996 para *P. hartwegii*, cuando asciende precipitación y temperatura.

En la Subsección *Michoacana* las especies presentan el mismo patrón de crecimiento, con la diferencia de que *P. michoacana* se desarrolla con mayor rapidez que *P. michoacana* var. *Cornuta*.

En general para la Sección *Pseudostrobus*, se observa que *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* es la especie que menor grado de crecimiento apical muestra, a diferencia de las demás especies que muestran parámetros de crecimiento más puntuales aun con sus estados de dormancia.

En la Sección *Serotinae*, Subsección *Oocarpa*, Sección *Teocote* y *Caribaea* Figura 27 durante el período de evaluación, se puede observar para cada una de las especies lo siguiente:

En *P. oocarpa* el crecimiento apical es lento de enero a abril y rápido de abril a octubre cuando se presenta mayor precipitación, con un ligero estado de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

Para *P. pringlei* el crecimiento es lento y constante de enero de 1995 a enero de 1996, con un ligero estado de letargo de enero a abril de 1996 cuando desciende la precipitación.

En *P. tecunumanii* el crecimiento apical es lento de enero a abril y mayor de abril a julio, cuando es mayor precipitación, para entrar después en un ligero estado de latencia de octubre a enero cuando desciende la precipitación, y continuar el crecimiento hasta abril de 1996.

A diferencia de *P. teocote* cuyo crecimiento es lento de enero a abril, y mayor de abril a julio cuando son ascendentes precipitación y temperatura, aun cuando en agosto se haya presentado la mayor precipitación, este disminuye de julio de 1995 a enero de 1996 y con un incremento nuevo de enero a abril de 1996.

Finalmente en *P. caribaea*, se presenta un crecimiento lento y constante de enero a octubre con mayor temperatura y precipitación, y un ligero aumento de octubre de 1995 a enero de 1996, y mayor de enero a abril de 1996 aun con precipitación menor.





Para la Sección *Teocote* para *P. teocote*, se observa mayor crecimiento de abril a julio cuando asciende la precipitación.

Finalmente para la Sección *Caribaea* en *P. caribaea*, se observa un crecimiento mayor y constante de enero a octubre, período en el cual es mayor la precipitación.

#### Longitud del brote lateral

Para la Sección *Cembra*, Sección *Paracembra*, Subsección *Cembroides* y *Pinceana* Figuras 28 y 29 durante el período de evaluación se puede apreciar para cada una de las especies lo siguiente:

Para *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera*, se observa un crecimiento lento de enero a abril cuando asciende temperatura, y rápido de abril a octubre cuando es mayor la precipitación, seguido de un reposo de octubre a enero cuando descienden precipitación y temperatura, y de enero a abril con crecimiento mayor. En *P. ayacahuite* var. *veitchii*, se observa un crecimiento lento de enero a abril cuando se asciende la temperatura, con aumento de abril de 1995 a enero de 1996 con crecimiento rápido constante de enero a abril de 1996. En tanto que *P. ayacahuite*, presenta un crecimiento lento pero constante de enero a julio, cuando comienza a ascender precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie permaneció en letargo de julio a enero, e interrupción del letargo de enero a abril de 1996.

De tal forma *P. cembroides*, presenta latencia de enero a abril, con crecimiento rápido y constante de abril a octubre, con mayor precipitación y un segundo estado de latencia de octubre a enero e interrupción de enero a abril de 1996, con mayor crecimiento. En *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero de 1995 a abril de 1996, con un incremento mayor en la longitud de enero a abril de 1996.

Para *P. discolor*, Figura 30 y Figura 5 de temperatura y precipitación durante el período de evaluación, se observa un crecimiento lento de enero a abril, cuando se incrementa la temperatura y mayor de abril a julio, cuando asciende precipitación, con longitud en crecimiento rápido y constante de julio a enero, con mayor precipitación y crecimiento continuo de enero a abril de 1996.

En tanto que *P. johannis*, presenta un crecimiento rápido y constante de enero a octubre, cuando asciende temperatura y precipitación, seguido de un estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

*P. lagunae* el crecimiento es rápido y constante de enero de 1995 a enero de 1996, con mayor crecimiento de enero a abril.

Para *P. culminicola* el crecimiento es lento pero constante de enero a julio, con mayor precipitación en junio. Sin embargo, la especie entra en estado de latencia de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.



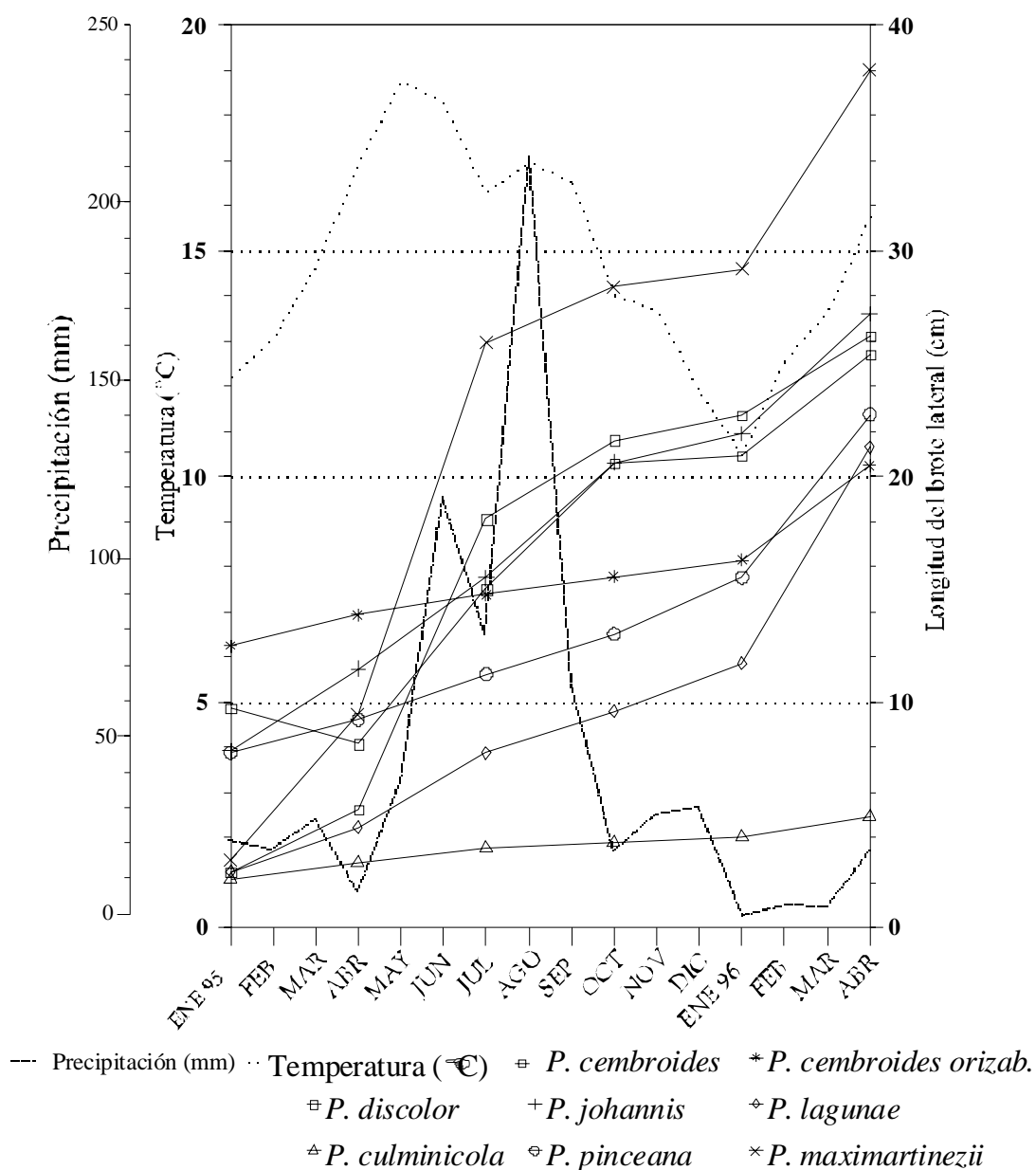


Figura 29. Comparación de el crecimiento del brote lateral (cm) de los pinos de la Sección Paracembra, con la temperatura y la precipitación

Generalizando para la Subsección *Pinceana* *P. maximartinezii*, presenta un crecimiento constante a pesar de que en junio y agosto se haya presentado la mayor precipitación.

Para la Sección *Cembra* las especies presentan un crecimiento muy similar, excepto para *P. ayacahuite* var. *veitchii*, que desarrolla los brotes con mayor rapidez y dominancia en crecimiento de enero a abril de 1996, que es cuando comienza a ascender la temperatura.

Para la Sección *Paracembra* podemos observar que las especies mantienen un ritmo de crecimiento en el brote lateral muy similar, excepto *P. culminicola* que mantiene un crecimiento



Para *P. lumholtzii* el crecimiento es rápido y constante de enero a julio cuando asciende precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque en agosto se presentó la mayor precipitación durante el año, la especie muestra un crecimiento lento de julio de 1995 a enero de 1996, y mayor de enero a abril de 1996.

A diferencia de *P. jeffreyi*, que presenta un crecimiento rápido y constante del brote de enero de 1995 a abril de 1996, aun en los meses con poca precipitación, y mayor de enero a abril de 1996.

Para *P. arizonica*, se observa un período de dormancia de enero a abril cuando asciende precipitación y temperatura, a pesar de que en agosto se presenta la mayor precipitación, la especie presenta un crecimiento lento pero constante de abril a octubre, seguido de un estado de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996, con un aumento mayor de enero a abril de 1996.

Finalmente en *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa un período de crecimiento rápido y constante de enero a octubre cuando asciende la temperatura y precipitación, con un estado de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996, y mayor de enero a abril de 1996.

En la Sección *Leiophyllae*, se observa un patrón de crecimiento muy similar en *P. leiophylla* y *P. lumholtzii*, con crecimiento dominante de enero a abril de 1996 cuando asciende la temperatura.

Para la Sección *Ponderosae* las especies *P. tecunumanii* y *P. jeffreyi* muestran un patrón de crecimiento con períodos de dormancia cortos.

Para la Sección *Montezumae* en *P. montezumae* var *lindleyi* el mayor crecimiento se presenta de enero a abril de 1996.

En la Subsección *Rudis* y *Michoacana*, Sección *Pseudostrobus* y Subsecciones *Pseudostrobus* y *Oaxacana* (Figura 31) durante el período de evaluación, se observó lo siguiente:

En *P. hartwegii* el crecimiento es rápido y constante de enero a octubre, cuando asciende temperatura y precipitación, con un estado de dormancia de enero a abril de 1996.

Para *P. michoacana*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a octubre cuando asciende precipitación y temperatura, con un ligero estado de dormancia de octubre de 1995 a abril de 1996 cuando desciende la precipitación. En tanto que para *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa de la misma manera un crecimiento rápido, y constante de enero a julio con mayor precipitación en junio, que es interrumpida de octubre de 1995 a abril de 1996.

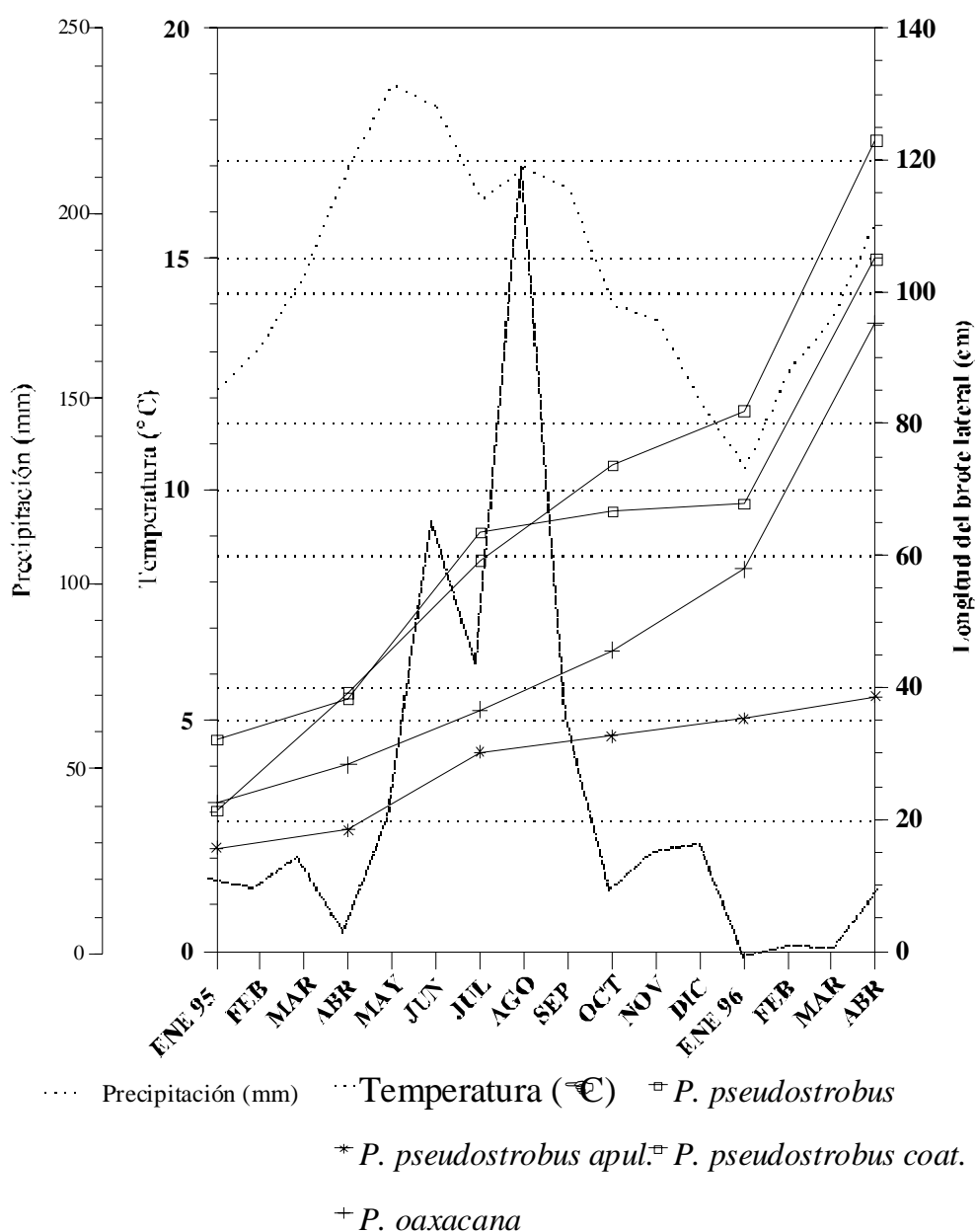


Figura 31. Comparación de el crecimiento del brote lateral (cm) de los pinos de la Sección Pseudostrobus, con la temperatura y la precipitación

A diferencia de *Pinus pseudostrobus* que presenta un estado de dormancia de enero a abril, cuando asciende la temperatura, con crecimiento rápido de abril a julio, cuando asciende precipitación. Sin embargo, aunque en agosto se haya presentado la mayor precipitación, la especie permaneció en dormancia de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996. De tal forma para *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* el crecimiento es lento de enero a abril, cuando asciende la temperatura y mayor de abril a julio, cuando asciende la precipitación seguido de un crecimiento lento pero constante de julio de 1995 a abril de 1996. Para *P. oaxacana*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero de 1995 a enero de 1996 y mayor de enero a abril de 1996. Finalmente *P. pseudostrobus* var. *coatepecensis*, se

presenta crecimiento rápido y constante de enero a octubre cuando la precipitación es alta, y de octubre de 1995 a enero 1996 entra en un ligero estado de dormancia, e interrupción de enero a abril con mayor crecimiento.

En general para la Subsección *Rudis P. hartwegii* muestra mayor elongación de abril a julio y de enero a abril de 1996 cuando asciende temperatura y precipitación.

Para la Subsección *Michoacana*, se observa mayor crecimiento para los meses de abril a julio. Para *P. michoacana* y *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa mayor crecimiento de enero a abril de 1996, cuando ascienden temperatura y precipitación.

Generalizando para la Sección *Pseudostrobus*, se puede apreciar que *P. pseudostrobus* y *P. pseudostrobus apulcensis*, presentan el mismo patrón de crecimiento, con la diferencia de que *P. pseudostrobus* presenta mayor crecimiento de abril a julio cuando ascienden precipitación y temperatura, y de enero a abril de 1996. A diferencia de *P. oaxacana* y *P. pseudostrobus coatepecensis* que presentan un crecimiento rápido y constante de enero de 1995 a enero de 1996, con mayor precipitación de junio a agosto, y crecimiento dominante de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Serotinae*, Subsección *Patula* y *Oocarpa*, Sección *Teocote* y *Caribaea* Figura 32 durante el período de evaluación se aprecia para cada una de las especies lo siguiente:

Para *P. radiata*, se observa un estado de reposo de enero a abril, que se interrumpe de abril a julio cuando asciende la precipitación, con crecimiento lento pero constante de abril de 1995 a enero de 1996, y fase de crecimiento de enero a abril de 1996.

En *P. greggii*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a octubre cuando se presenta mayor precipitación, y lento de octubre de 1995 a enero de 1996, con incremento mayor de enero a abril de 1996.

En tanto que *P. patula*, muestra un período corto de reposo de enero a abril, seguido de un crecimiento rápido y constante de abril a octubre cuando asciende precipitación, y menor de octubre de 1995 a enero de 1996, y un incremento mayor de enero a abril de 1996.

A diferencia de *P. oocarpa*, que muestra un período leve de reposo de enero a abril y rápido de abril a julio cuando asciende la precipitación. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie mostró reposo de julio de 1995 a enero de 1996, con crecimiento continuo hasta abril de 1996.

El crecimiento longitudinal para *P. pringlei*, es lento y constante de enero a julio, meses en los que asciende precipitación y temperatura con aumento de julio a octubre, aun cuando la mayor precipitación se presentó en agosto, seguido de un crecimiento lento y constante de octubre a abril, similar al de enero a julio de 1995.

Para *P. tecunumanii*, el crecimiento longitudinal es rápido y constante de enero de 1995 a enero de 1996 con mayor precipitación de junio a agosto, y menor de enero a abril de 1996.





En general para la Subsección *Patula*, se observa un patrón de crecimiento muy similar para *P. greggii* y *P. patula*, a diferencia de *P. radiata* que mantiene un crecimiento longitudinal menor pero constante.

Para la Subsección *Oocarpa*, se puede apreciar que *P. pringlei* y *P. tecunumanii*, presentan un patrón de crecimiento muy similar, a diferencia de *P. oocarpa* que presenta dos fases de crecimiento en ascenso de abril a julio y de enero a abril, y uno más de julio de 1995 a enero de 1996.

En general para la Sección *Teocote*, *P. teocote* mantiene un período de dormancia de enero a abril de 1995, y sigue su crecimiento longitudinal en forma constante hasta el mes de abril de 1996.

Para la Sección *Caribaea*, *P. caribaea* muestra un crecimiento constante con un solo período de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996.

Con respecto al incremento de las longitudes apical y lateral Figura 33, se puede observar que las especies con mayor incremento en la longitud del brote apical son: *P. tecunumanii*, *P. pringlei*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. greggii*, *P. pseudostrobilus coatepecensis*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobilus*, *P. montezumae lindleyi* y *P. leiophylla*.

En tanto que para las del brote lateral son: *P. tecunumanii*, *P. pringlei*, *P. patula*, *P. greggii*, *P. pseudostrobilus coatepecensis*, *P. oaxacana*, *P. montezumae var lindleyi*, *P. pseudostrobilus*, *P. leiophylla* y *P. ayacahuite var. veitchii*.

Con esto, se observa que la mayoría de las especies que aparecen como representativas para ambos parámetros son muy similares mismas.

Por otro lado las especies con menor incremento en ambos parámetros son: *P. radiata*, *P. arizonica*, *P. pinceana*, *P. culminicola* y *P. ayacahuite var brachyptera*. Por lo tanto las Secciones que mayor crecimiento mostraron son; la Sección *Pseudostrobilus* y la Sección *Serotinae*.

#### Número de verticilos

En la Figura 34 de la Sección *Cembra*, Sección *Paracembra*, Subsección *Cembroides* y *Pinceana*, se observa para cada una de las especies lo siguiente:

Para *P. ayacahuite*, se observa emisión lenta y constante de verticilos de enero a octubre, con un período de dormancia de octubre a enero, y una emisión mas de enero a abril de 1995. En *P. ayacahuite var. brachyptera*, la presencia de verticilos se manifiesta rápida y constantemente de enero a julio, seguido de un período de dormancia de julio a enero y una emisión mas de enero a abril. Así *P. ayacahuite var. veitchii*, muestra emisión de verticilos es de enero a abril, con un estado de reposo de abril a octubre, con rompimiento de octubre a enero, y un segundo período de reposo de enero a abril.



En tanto que para *P. cembroides*, la emisión es lenta pero constante en número de verticilos de enero a julio, y una emisión mayor de julio a octubre con un período de dormancia de octubre a abril.

A diferencia de *P. discolor* que durante el período de evaluación, se presenta emisión de verticilos es de enero a abril, y un prolongado estado de letargo de abril a enero, con emisión de verticilos de enero a abril.

En el caso de *P. lagunae*, la dormancia es de enero a abril, con emisión de verticilos en menor grado de abril a julio y mayor de julio a octubre, con un segundo período de dormancia de octubre a enero, y una emisión mas de enero a abril.

Para *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, se observa un período de dormancia de enero a abril, y emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo período de dormancia de julio a enero, y una emisión mas de verticilos de enero a abril.

De tal forma *P. johannis*, muestra reposo es de enero a abril, y emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo estado de reposo de julio a enero con una nueva emisión de verticilos de enero a abril.

En *P. culminicola*, se observa reposo de enero a abril, y emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo período de reposo de julio a enero, y una emisión lenta en verticilos de enero a abril.

*P. pinceana*, presenta dormancia de enero a abril, y emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo período de dormancia prolongado de julio a abril.

Finalmente para *P. maximartinezii* la emisión de verticilos es de enero a abril y un estado de reposo de abril a julio, con una segunda emisión de verticilos de julio a octubre y un segundo período de reposo de octubre a enero, seguida de una tercera emisión de verticilos de enero a abril.

En general para la Subsección *Pinceana*, se observa que la emisión de verticilos para las especies, se ubica para diferentes meses y muy evidente para *P. maximartinezii* de enero a abril de 1996 y para *P. pinceana* de abril a julio.

Para la Sección *Cembra*, se observan fases con emisión de verticilos de enero a abril que se prolonga hasta julio. En *P. ayacahuite brachyptera* y *P. ayacahuite veitchii*, se observan períodos prolongados de letargo de enero a abril.

A diferencia de la Sección *Paracembra*, se pueden observar períodos prolongados de letargo de julio a enero para *P. culminicola*, *P. johannis* y *P. discolor* a diferencia de las demás especies que mantienen períodos de letargo en dos fases de enero a abril, y todas sin excepción de octubre a enero.

En la Sección *Leiophyllae* y *Ponderosae*, Sección *Montezumae* y Subsección *Montezumae* se puede apreciar para cada una de las especies lo siguiente en la Figura 34.

Para *P. leiophylla*, la emisión de verticilos es constante de enero de 1995 a abril de 1996, con un estado de reposo de enero a abril de 1996.

En tanto que para *P. lumholtzii*, la emisión de verticilos es lenta de enero a julio, con un estado de reposo de julio a enero, y una segunda emisión de verticilos de enero a abril.

En *P. jeffreyi*, se presenta latencia de enero a abril con una emisión lenta de abril a julio, y un segundo período de latencia de julio a enero que se interrumpe de enero a abril.

En *P. arizonica*, se observa reposo de enero a abril, con interrupción de abril a julio, y un segundo período de reposo de julio a enero, con una nueva emisión.

Así para *P. montezumae* var. *lindleyi*, se presenta período de letargo de enero a octubre, con la emisión de verticilos de octubre a abril.

Para la Sección *Leiophyllae*, *P. leiophylla* y *P. lumholtzii* muestran una emisión mayor de verticilos de enero de 1995 a abril de 1996.

En la Sección *Ponderosae*, se observa para ambas especies dominancia en la emisión de verticilos de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Montezumae*, se observa de la misma manera dominancia en la emisión de verticilos de enero a abril de 1996.

En la Figura 34. Subsección *Rudis* y *Michoacana*, Sección *Pseudostrobus*, Subsecciones *Pseudostrobus* y *Oaxacana*, se observa para cada una de las especies lo siguiente:

Para *P. hartwegii*, se observa reposo de enero a abril, y una emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo estado de reposo de julio a enero, con una segunda emisión de verticilos de enero a abril.

Para *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa dormancia de enero a julio y un lento incremento de julio a octubre, con una segunda fase de dormancia de octubre a enero, y un incremento mayor de verticilos de enero a abril. En *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* la emisión de verticilos es de enero a abril, y un período prolongado de dormancia de abril a enero, con una nueva emisión de verticilos de enero a abril de 1996.

En tanto que *P. oaxacana* muestra dormancia de enero a abril y una emisión lenta pero constante de abril a octubre, y mayor de octubre a enero, con una segunda fase de dormancia de enero a abril. Así mismo para *P. michoacana* que presenta dormancia de enero a abril, y una emisión lenta de verticilos de abril a julio, con un segundo estado de dormancia de julio a enero y una emisión más de verticilos de enero a abril de 1996.

En *P. pseudostrobus*, la emisión de verticilos es constante de enero a julio, y un estado de dormancia de julio a octubre, con mayor emisión de verticilos de octubre a enero, y menor de enero a abril.

Para *P. pseudostrobus* var. *coatepecensis*, la dormancia es de enero a abril, con un incremento mayor de verticilos de abril a octubre y un segundo estado de dormancia de octubre a enero, con una tercera emisión de verticilos de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Rudis* en *P. hartwegii*, se presenta la emisión de verticilos en mayor grado de enero a abril de 1995.

En la Subsección *Michoacana*, se observa para *P. michoacana* y *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa de la misma manera la emisión mayor para los meses de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Pseudostrobis*, se observa dominancia en la emisión de verticilos para los meses de octubre a enero. Para *P. pseudostrobis*, *P. pseudostrobis* var. *apulcensis* y *P. pseudostrobis* var. *coatepecensis* de enero a abril, a diferencia de *P. oaxacana* que la mayor emisión se presenta para los meses de octubre a enero.

En la Figura 34 de la Sección *Serotinae*, Subsección *Patula* y *Oocarpa*, Secciones *Teocote* y *Caribaea*, se observa para cada una de las especies lo siguiente:

Para *P. radiata*, se observa dormancia de enero a octubre, con emisión de verticilos de octubre a abril. En *P. patula* la emisión de verticilos es de enero a julio, con letargo de julio a enero, y una nueva emisión de enero a abril. A diferencia de *P. greggii* cuya emisión de verticilos es constante de enero de 1995 a abril de 1996, con una emisión menor de julio a enero.

En tanto que para *P. oocarpa*, se observa letargo de enero a abril y emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo estado de letargo de julio a enero, y emisión lenta de enero a abril. De tal forma *P. pringlei*, presenta dormancia de enero a abril, con emisión de verticilos de abril a octubre, y segundo estado de dormancia de octubre a abril. En tanto que, para *P. tecunumanii*, se presenta latencia de enero a julio con emisión de verticilos de julio a enero, y un segundo estado de latencia de enero a abril de 1996.

En general para la Sección *Serotinae*, se observa dominancia en la emisión de verticilos de enero a abril de 1996. Para *P. patula* y *P. radiata*, a diferencia de *P. greggii*, se mantiene la emisión de verticilos en forma constante.

En la Subsección *Oocarpa*, se observa a *P. oocarpa* con la dominancia en la emisión de verticilos de abril a julio. Para *P. pringlei* de abril a octubre, en tanto que para *P. tecunumanii*, se presenta para los meses de octubre de 1995 a enero de 1996.

En la Sección *Teocote*, *P. teocote* emite verticilos con actividad lenta de enero a octubre.

Para la Sección *Caribaea*, *P. caribaea* presenta mayor emisión de verticilos de abril a enero.

En cuanto al número de verticilos producidos por las especies se observa en la Figura 34, que las especies que mayor emisión presentaron son: *P. leiophylla*, *P. greggii*, *P. lagunae*, *P. maximartinezii*, *P. pseudostrobis* var. *coatepecensis*, *P. patula*, *P. oocarpa* y *P. tecunumanii*. Lo cual demuestra de igual manera, que la Sección *Serotinae*, presentó un mayor número en la emisión de verticilos y en menor grado *P. ayacahuite*, *P. montezumae*, *P. radiata* entre otras.

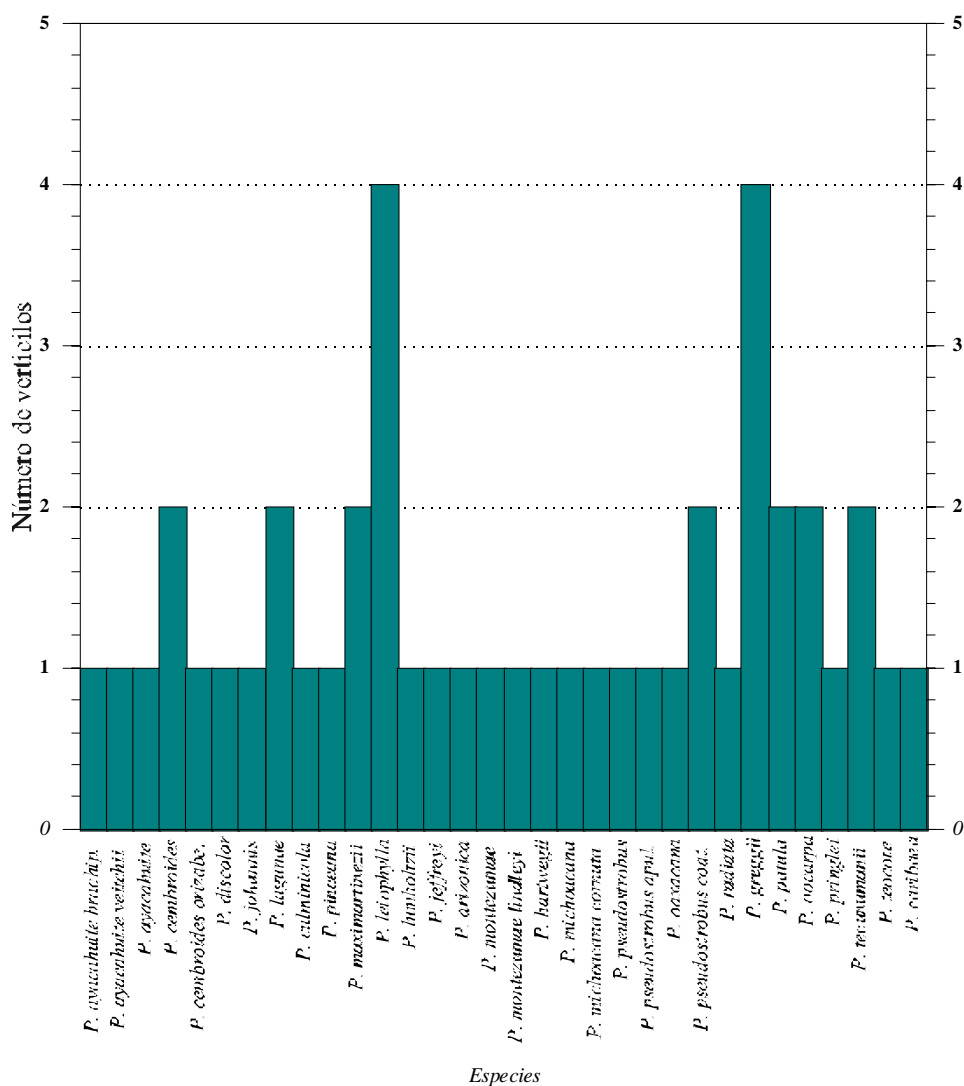


Figura 34. Número de verticilos producidos por las especies del Pinetum durante 1995

## Observaciones fenológicas

### Crecimiento vegetativo

En la Sección *Cembra* para *P. ayacahuite* var. *brachyptera* se observa Figura 35, un estado con la dominancia de yemas de septiembre a enero y emisión de primordios foliares de febrero a mayo, con pleno recubrimiento foliar de junio a julio y un total desarrollo de hojas en el mes de agosto. En *P. ayacahuite* var. *veitchii*, se observa un estado de dormancia con la dominancia de yemas de agosto a diciembre y emisión de primordios foliares de enero a abril, con pleno recubrimiento foliar de mayo a junio y total desarrollo hojas en julio. En tanto que para *P. ayacahuite* la dormancia de yemas es de agosto a

enero, con la emisión de primordios foliares de febrero a marzo y pleno recubrimiento foliar de abril a mayo, con total desarrollo de hojas de junio a julio.

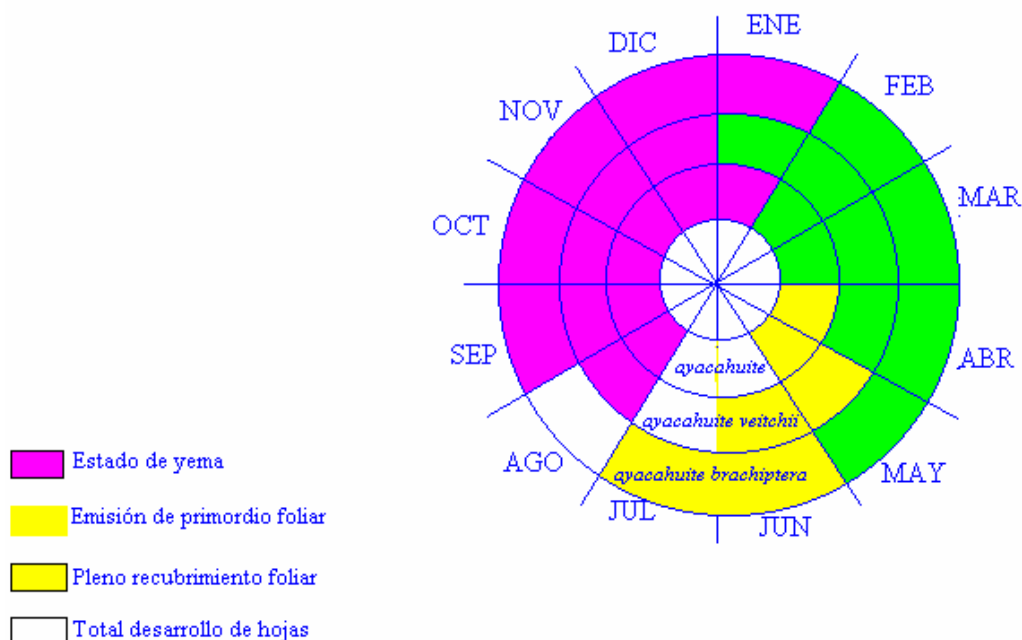


Figura 35. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Cembra*, mostrando las fenofases durante un año.

Para la Sección *Paracembra* Figura 36, se observa para *P. cembroides* sub sp *orizabensis* y *P. discolor*, la dominancia de yemas de octubre a marzo y emisión de primordios foliares de abril a junio, pleno recubrimiento foliar de julio a agosto y total desarrollo de hojas en septiembre. En tanto que para *P. cembroides* la dormancia, se presenta dominancia de yemas de septiembre a marzo, emisión de primordio foliar de abril a mayo, y pleno recubrimiento foliar de junio a julio, con total desarrollo de hojas en agosto. Sin embargo, Zavala, 1987 señala que el brote anual se compone de un brote de primavera y otro de verano.

Sección *Paracembra*, en *P. culminicola*, se presentan yemas de noviembre a febrero, con la emisión de primordios foliares de marzo a junio, pleno recubrimiento foliar de julio a septiembre, y total desarrollo de hojas en octubre. En tanto que para *P. lagunae*, se observa un crecimiento binodal, mostrando dormancia con la dominancia de yemas a mediados de noviembre y diciembre, emisión de primordio foliar de enero a mediados de marzo, pleno recubrimiento foliar a fines de marzo, emisión de primordios foliares en abril, pleno recubrimiento foliar a finales del mismo mes, y total desarrollo de hojas en mayo y emisión de primordios foliares de julio a mediados de agosto, pleno recubrimiento foliar a finales del mes de agosto, emisión de primordios foliares a principios del mes de septiembre y octubre, seguido de un pleno recubrimiento foliar a finales de septiembre y octubre, con total desarrollo de hojas a principios de noviembre. Para *P. johannis*, se observa la presencia de yemas para el mes de noviembre hasta el mes de febrero, emisión

de primordios foliares para los meses de marzo a junio y pleno recubrimiento foliar de julio a septiembre, con un total desarrollo de hojas para el mes de octubre Figura 37.

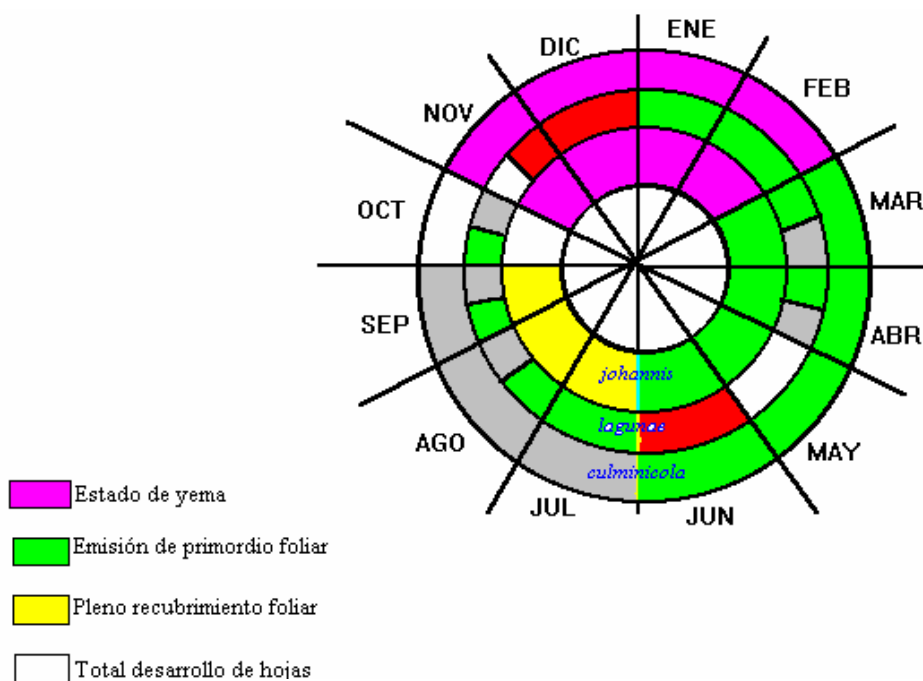


Figura 36. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Paracembra*, mostrando las fenofases durante un año.

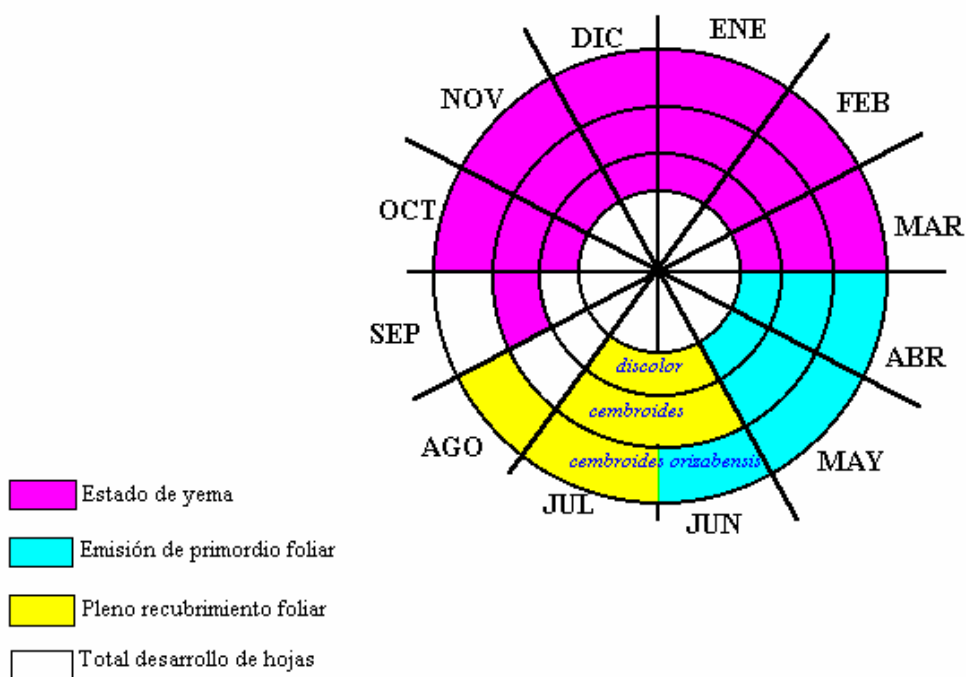


Figura 36. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Paracembra*, mostrando las fenofases durante un año.



Sección *Paracembra*, para *P. maximartinezii*, se presenta un crecimiento vegetativo indefinido y crecimiento binodal con estado de yema en diciembre y emisión de primordio foliar de enero a mediados de marzo, pleno recubrimiento foliar en marzo y nuevas emisiones de primordios foliares, pleno recubrimiento foliar y total desarrollo de hojas en mayo, un segundo estado de yema en junio, emisión de primordio foliar y pleno recubrimiento foliar alternos para los meses de julio a octubre y total desarrollo de hojas en noviembre. En tanto que para *P. pinceana*, se observa dormancia con la dominancia de yemas de septiembre a febrero y emisión de primordios foliares de marzo a mayo, seguido de un pleno recubrimiento foliar de junio a julio, con total desarrollo de hojas en el mes de agosto Figura 38.

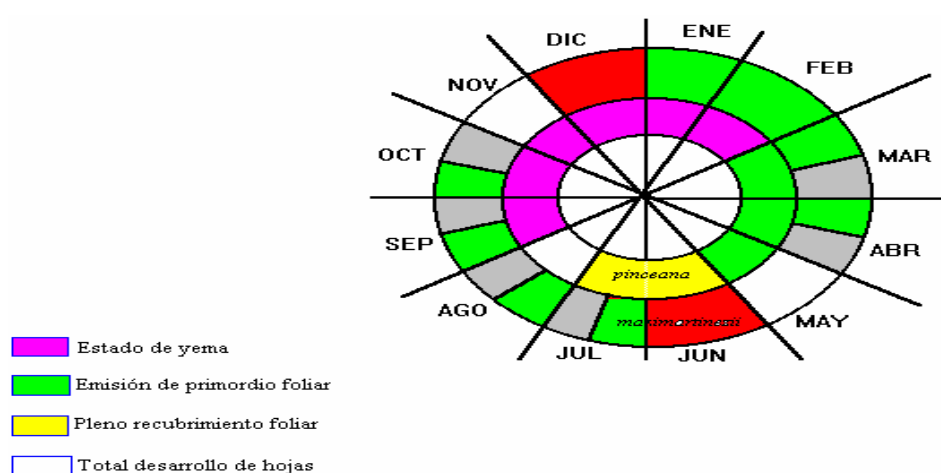


Figura 38. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en dos especies de pinos, de la Sección Paracembra, mostrando las fenofases durante un año.

En la Figura 39 del calendario de crecimiento de brotes vegetativos de las Secciones *Leiophyllae* y *Ponderosae* se observa para *P. jeffreyi*, dormancia con la dominancia de yemas para los meses de septiembre a febrero, emisión de primordio foliar de marzo a mayo y pleno recubrimiento foliar de junio a julio, seguido de un total desarrollo de hojas para el mes de agosto. En tanto que para *P. lumholtzii*, sigue el mismo patrón de crecimiento, excepto por la fase de emisión de primordio foliar que termina hasta el mes de junio. Para *P. leiophylla* no se observa una fase definida en la emisión de yemas ya que presenta crecimiento binodal durante su ciclo, donde muestra emisión de primordio foliar de junio a septiembre y de enero a febrero, pleno recubrimiento foliar de octubre a noviembre y de marzo a abril, con total desarrollo de hojas para los meses de mayo y diciembre.

En la Figura 40 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos de la Sección *Montezumae*, se observa para *P. hartwegii* dormancia con la dominancia de yemas de agosto a enero, emisión de primordio foliar de febrero a abril, pleno recubrimiento foliar de mayo a junio, y total desarrollo de hojas de julio. Para *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa dormancia con el estado de yemas de octubre a marzo, emisión de primordio foliar de abril a junio, seguido de un pleno recubrimiento foliar de julio a agosto

y total desarrollo de hojas para el mes de septiembre. En tanto que, para *P. arizonica*, el estado de yema se prolonga hasta enero, la prolongación de primordio foliar hasta mayo, con períodos más cortos en los cambios de fases.

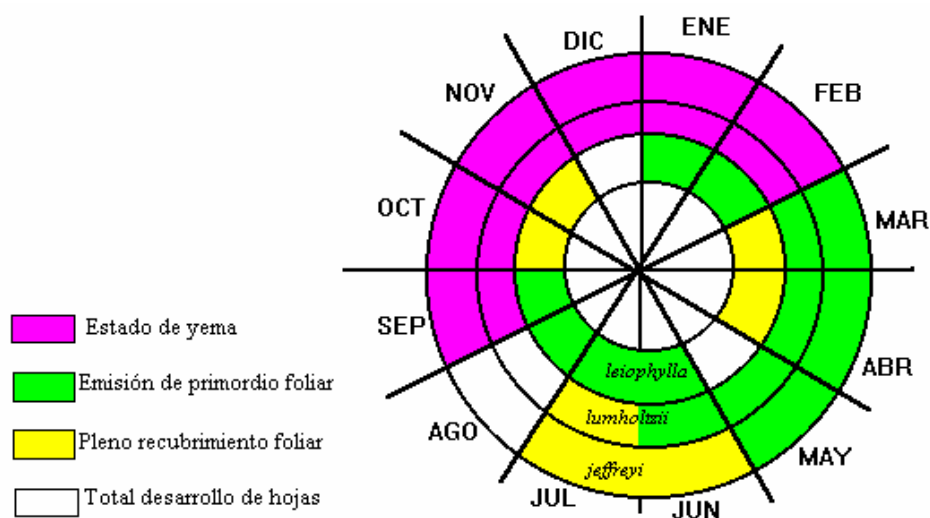


Figura 39. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Leiophyllae* y *Ponderosae*, mostrando las fenofases durante un año.

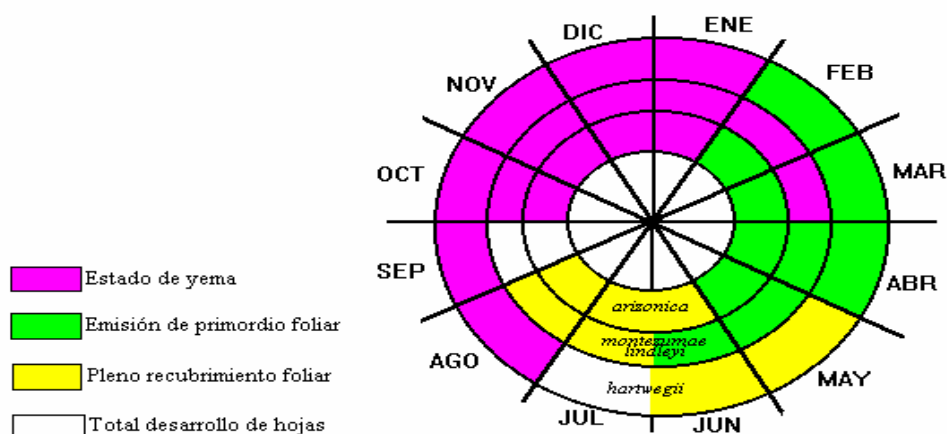


Figura 40. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Montezumae*, mostrando las fenofases durante un año.

Figura 40. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Montezumae*, mostrando las fenofases durante un año.

En la Figura 41 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos de la Sección *Pseudostrobus* *P. michoacana* variedad *cornuta* presenta estado de yema de

octubre a febrero y *P. michoacana* de septiembre a febrero, emisión de primordios foliares de marzo a junio. Para *P. michoacana* var *cornuta* de marzo a mayo, para *P. michoacana*, pleno recubrimiento foliar de junio a julio y total desarrollo de hojas para el mes de agosto. En tanto que para *P. michoacana* variedad *cornuta*, se observa pleno recubrimiento foliar para los meses de julio a agosto y termino desarrollo de hojas en septiembre.

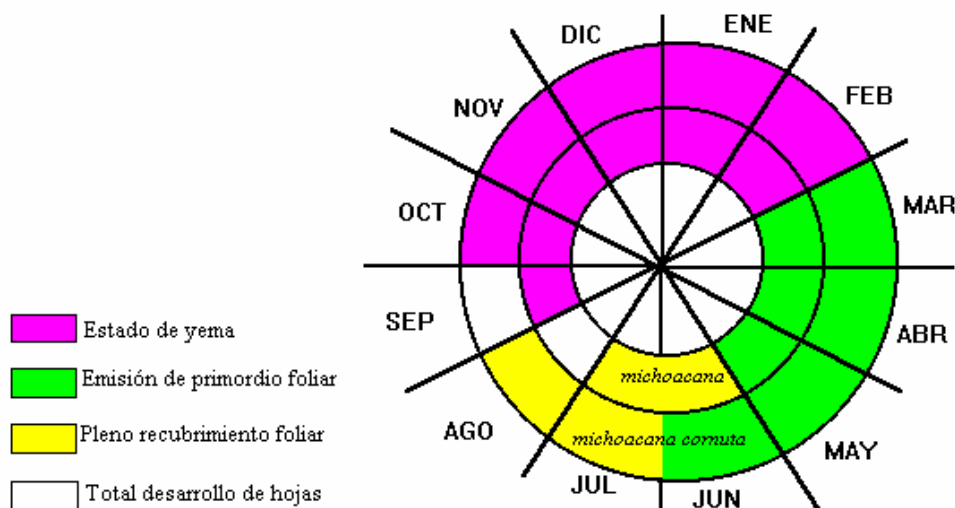


Figura 41. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en dos especies de pinos de la Sección *Pseudostrobus*, mostrando las fenofases durante un año.

En la Figura 42 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en cuatro especies de pinos de la Sección *Pseudostrobus* se observa para *P. pseudostrobus coatepecensis* y *P. pseudostrobus apulcensis*, un estado de yema en agosto a febrero y un segundo estado de yemas hasta enero, emisión de primordios foliares para *P. pseudostrobus coatepecensis* de febrero a marzo, seguido de pleno recubrimiento foliar de abril a junio, y total desarrollo de hojas en julio. En tanto que *P. pseudostrobus apulcensis*, inicia la emisión de primordio foliar de marzo a abril, pleno recubrimiento foliar de mayo a junio y total desarrollo de hojas en julio. Para *P. pseudostrobus*, se observa estado de yema para los meses de septiembre a octubre, con la emisión de primordios foliares de noviembre a diciembre, pleno recubrimiento foliar de enero a febrero, seguido de un total desarrollo de hojas en marzo, con nueva emisión de primordios foliares de abril a mayo y pleno recubrimiento foliar de junio a julio, y total desarrollo de hojas en agosto. Para *P. oaxacana*, se presenta dormancia con la dominancia de yemas de noviembre a enero, emisión de primordio foliar de febrero a marzo, pleno recubrimiento foliar de abril a mayo, seguido de un total desarrollo de hojas en junio, mostrando nuevamente emisión de primordios foliares de julio a agosto, pleno recubrimiento foliar en septiembre y total desarrollo de hojas en octubre.

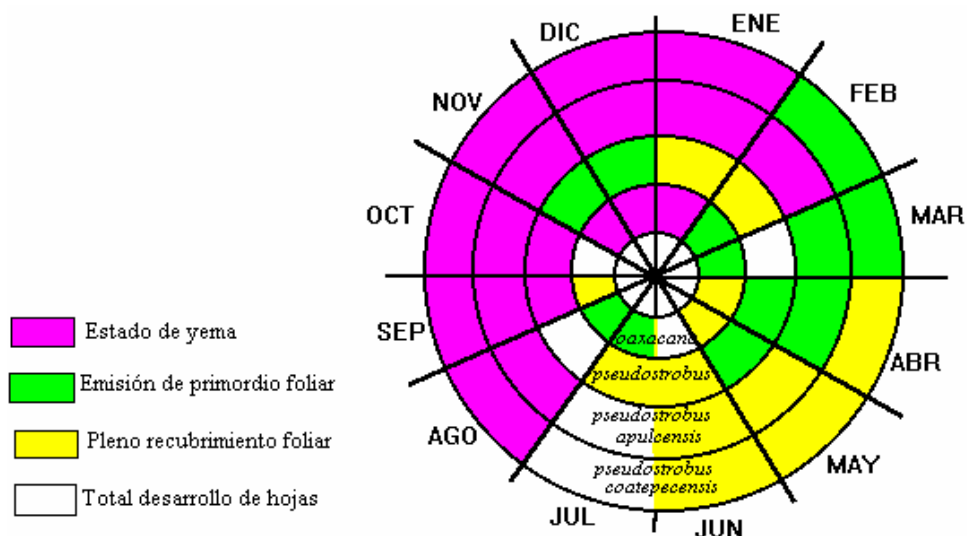


Figura 42. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en cuatro especies de pinos de la Sección Pseudostrobus, mostrando las fenofases durante un año.

En la Figura 43 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Serotinae* se observa que, *P. patula* muestra dormancia con la presencia de yemas de septiembre a diciembre, emisión de primordios foliares de enero a abril y pleno recubrimiento foliar de mayo a julio, seguido de un total desarrollo de hojas en agosto. *P. greggii*, muestra fases de crecimiento alternas sin observarse el estado de yema en una de las fases, mostrando dormancia con el estado de yemas de noviembre a diciembre, emisión de primordio foliar de enero a marzo, pleno recubrimiento foliar en abril, sin terminar con la fase de total desarrollo de hojas, seguido de una nueva emisión de primordios foliares de mayo a julio, con pleno recubrimiento foliar de agosto a septiembre y total desarrollo e hojas en agosto. Para *P. radiata*, se observa la dominancia de yemas de octubre a febrero, con la emisión de primordio foliar de marzo a mayo, pleno recubrimiento foliar de junio a agosto, seguido de un total desarrollo de hojas en septiembre.

En la Figura 44 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Serotinae*, se presenta para *P. tecunumanii* yemas de abril a mayo, emisión de primordios foliares de junio a julio, y de noviembre a diciembre con pleno recubrimiento foliar de agosto a septiembre, y de enero a febrero, seguido de un total desarrollo de hojas de octubre a marzo. Para *P. pringlei*, se observan yemas de mayo a septiembre, con la emisión de primordio foliar de octubre a diciembre, y pleno recubrimiento foliar de enero a marzo, seguido de un total desarrollo de hojas en abril. Para *P. oocarpa*, se observa la dominancia de yemas de julio a septiembre, la emisión de primordio foliar de octubre a marzo y pleno recubrimiento foliar de abril a mayo, seguido de un total desarrollo de hojas en junio.

En las Figuras de la 45 a la 49 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos, se muestran los diferentes estadios de brotes vegetativos de *P. oocarpa*.

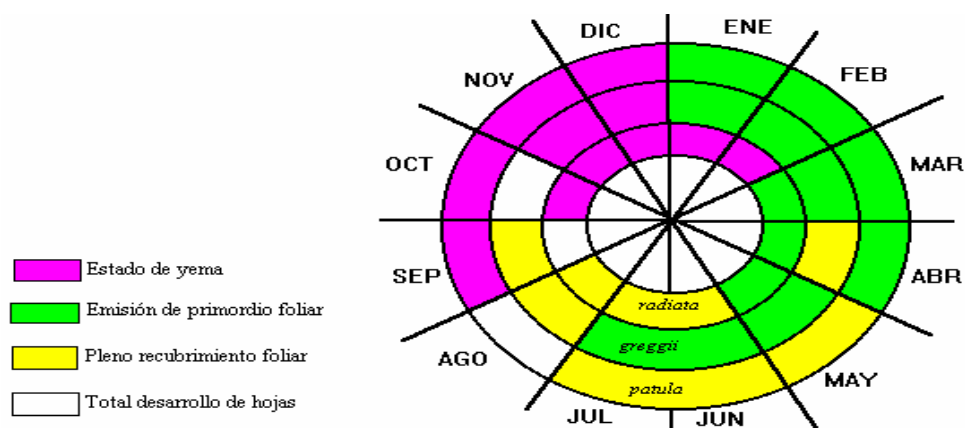


Figura 43. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos, de la Sección Serotinae, mostrando las fenofases durante un año.

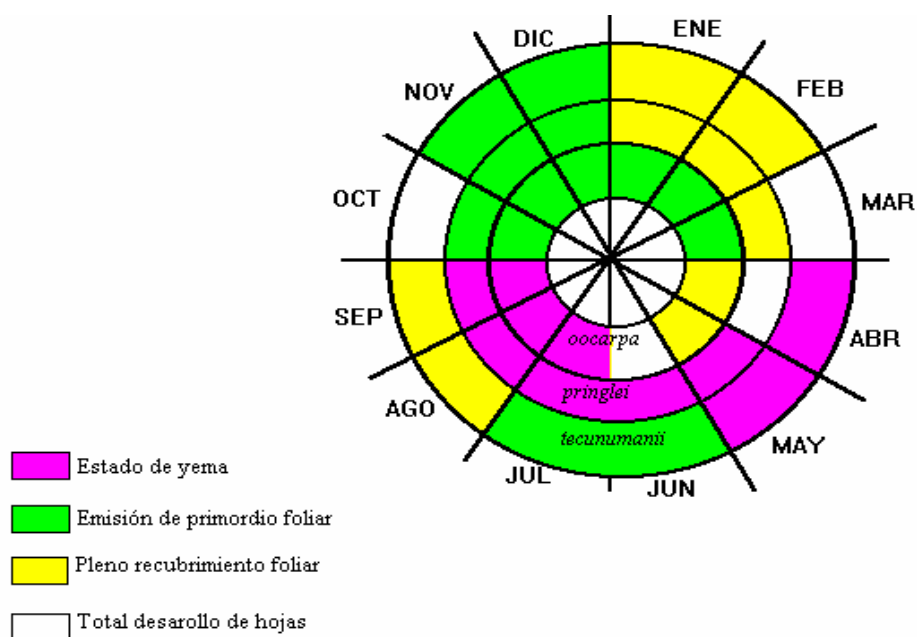


Figura 44. Calendario de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección Serotinae, mostrando las fenofases durante un año.



Figura 45. *Pinus oocarpa*, estado vegetativo de yema, diciembre de 1996.



Figura 46. *Pinus oocarpa*, estado vegetativo con la elongación de yemas, diciembre de 1995.



Figura 47. *Pinus oocarpa* estado vegetativo, con la emisión de primordio foliar enero de 1995.



Figura 48. *Pinus oocarpa*, fase vegetativa con el inicio de pleno recubrimiento foliar, enero de 1996.



Figura 49. *Pinus oocarpa*, estado vegetativo en pleno recubrimiento foliar, tornando al termino de desarrollo de hojas abril de 1996.

En la Figura 50 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en dos especies de pinos de la Sección *Teocote* y *Caribaea*, *P. caribaea*, se observa estado de yema de diciembre a enero, con la emisión de primordio foliar de febrero a abril y de agosto a septiembre con pleno recubrimiento foliar de mayo a octubre, con total desarrollo de hojas en julio y noviembre. En tanto que para *P. teocote*, se presenta dormancia con la dominancia de yemas de septiembre a febrero, con la emisión de primordios foliares de



marzo a mayo, seguido de un pleno recubrimiento foliar de junio a julio y total desarrollo de hojas en agosto.

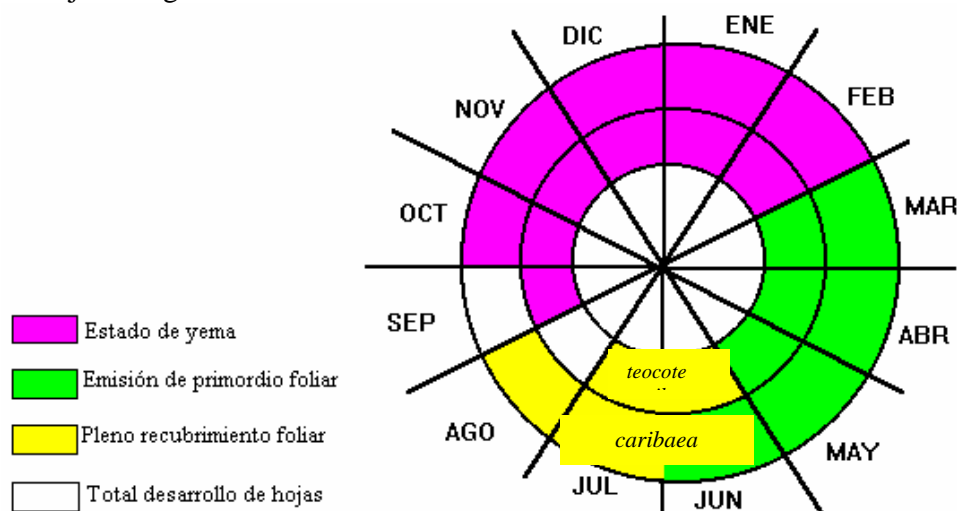


Figura 50. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en dos especies de pinos de la Sección *Teocote* y *Caribaea*, mostrando las fenofases durante un año.

Fase de estróbilo femenino y masculino

### Estróbilos femeninos

En la Sección *Cembra* *P. ayacahuite* var. *brachyptera* presenta emisión de estróbilos femeninos durante todo el mes de mayo, pero sin maduración quedando como estróbilos abortivos y permanecen latentes e inmaduros hasta la tercera semana de junio Figura 51.

Para la Sección *Paracembra* *P. cembroides* sub. sp. *orizabensis*, se presenta emisión de estróbilos femeninos de la primera semana de mayo a la tercera semana de junio y permanecen latentes hasta el mes de noviembre. Para *P. johannis*, se observan emisiones de la primera a la segunda semana de febrero y permanecen latentes hasta mayo, con una segunda emisión de la segunda semana de septiembre a la cuarta semana de octubre, para ser latentes hasta enero del año siguiente de 1996 Figura 52.

En la Sección *Montezumae* en *P. arizonica*, la emisión se presenta de la segunda a la tercera semana de abril y permanecen latentes hasta el mes de julio Figura 53. Para *P. greggii* la emisión de estróbilos se presenta en la primera semana de febrero, y son latentes hasta mayo, con una segunda emisión de la segunda semana de septiembre a la cuarta semana de octubre, y latencia hasta enero del año siguiente Figura 54.

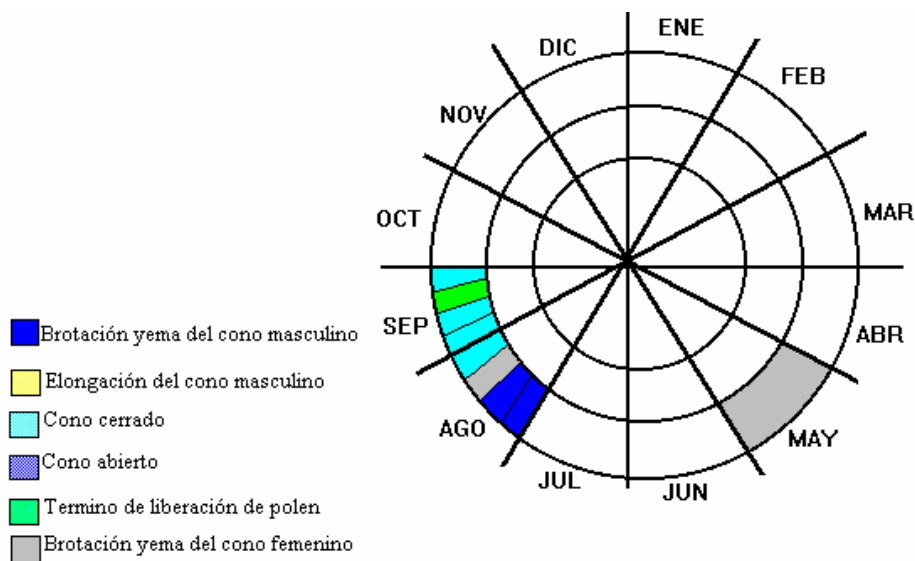


Figura 51. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en *P. ayacahuite brachyptera* de la Sección *Cembra*.

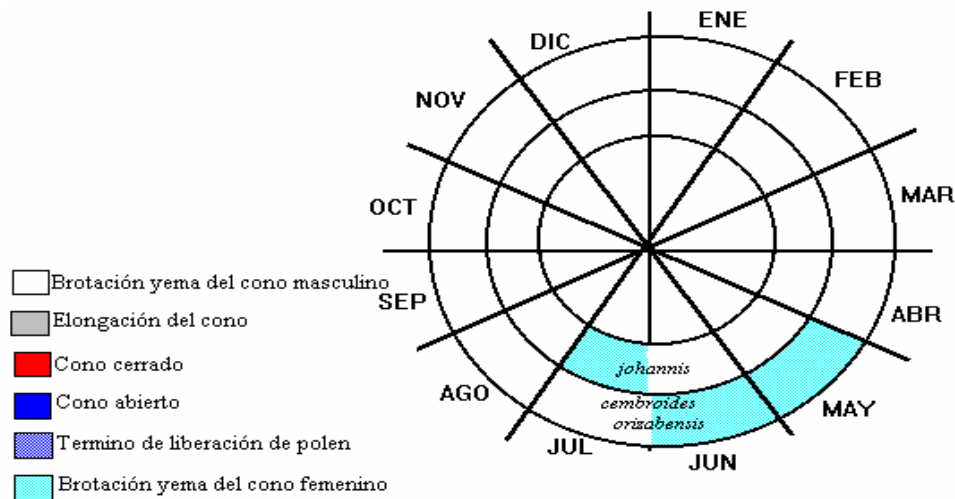


Figura 52. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en dos especies de pinos de la Sección *Paracembra* durante un año.

Para la Subsección *Patula*, en *P. patula* la emisión de conos se presenta de la primera semana de marzo a la primera semana de abril, con latencia hasta el mes de junio Figura 54.

En tanto que para la Sección *Rudis* para *P. hartwegii* los conos emergen en la primera semana de enero la primera semana de febrero y permanecen latentes hasta mayo Figura 55.

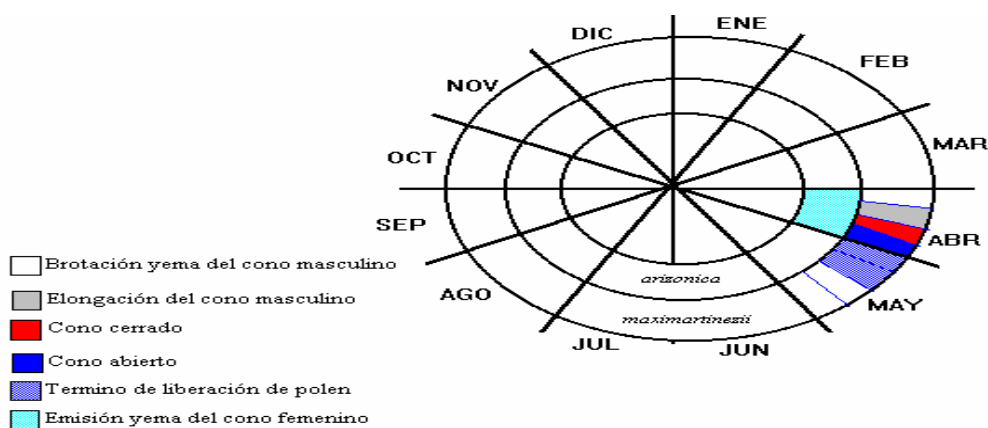


Figura 53. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en dos especies de pinos de la Sección *Paracembra* y *Montezumae* durante un año.

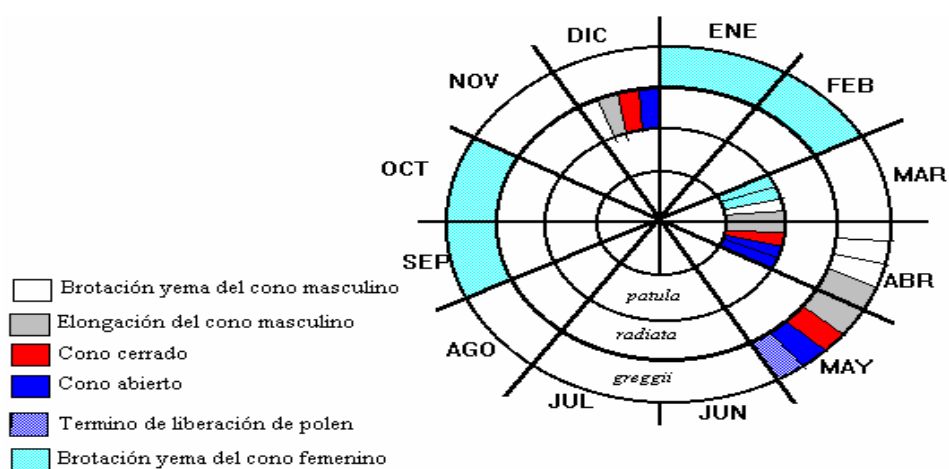


Figura 54. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos, en tres especies de pinos de la Sección *Serotinae* durante un año.

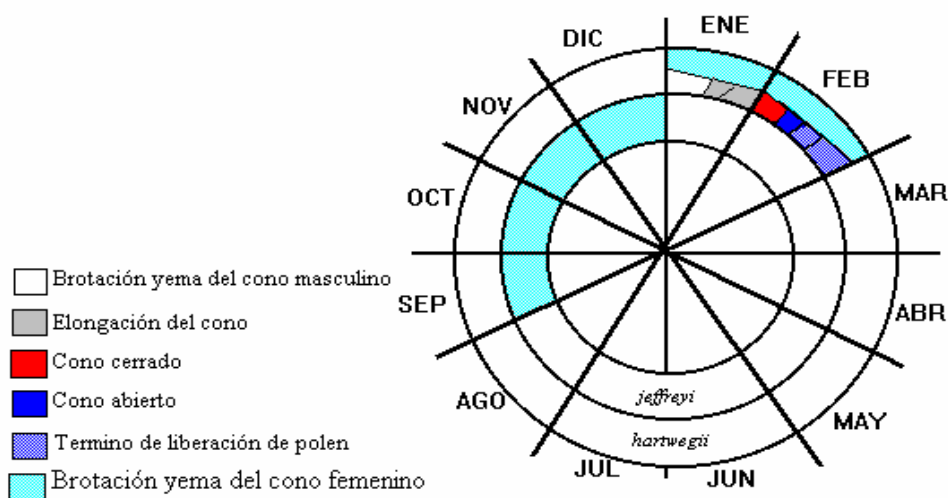


Figura 55. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos, en dos especies de pinos de la Sección *Ponderosae* y *Montezumae* durante un año

La Sección *Ponderosae* en *P. jeffreyi*, se desarrollan brotes en la segunda semana de febrero, con una segunda emisión en la primera semana de septiembre a la primera semana de febrero y permanecen latentes hasta mayo Figura 55.

En la Sección *Pseudostrobus* para *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, la emisión se presenta en la tercera semana de abril y permanecen latentes hasta mayo Figura 56.

Finalmente para la Subsección *Oocarpa* en *P. oocarpa* los brotes aparecen en julio y permanecen latentes hasta el mes de agosto. Por otra parte *P. tecunumanii* presenta la emisión de brotes femeninos en abril Figura 56. En la Figura 57, se aprecia la emisión de conos femeninos para *P. oocarpa*.

#### Estróbilos masculinos

En la Sección *Cembra* *P. ayacahuite* var. *veitchii*, inicia la emisión de estróbilos masculinos de agosto a septiembre, con la brotación de yemas de la primera a la segunda semana de agosto y la subsecuente elongación madurez y apertura de la segunda a la tercera semana del mismo mes, con liberación de polen en la última semana de agosto y principios de la tercera semana de septiembre. En la figura 58, se puede apreciar la emisión de conos masculinos de *P. ayacahuite*.

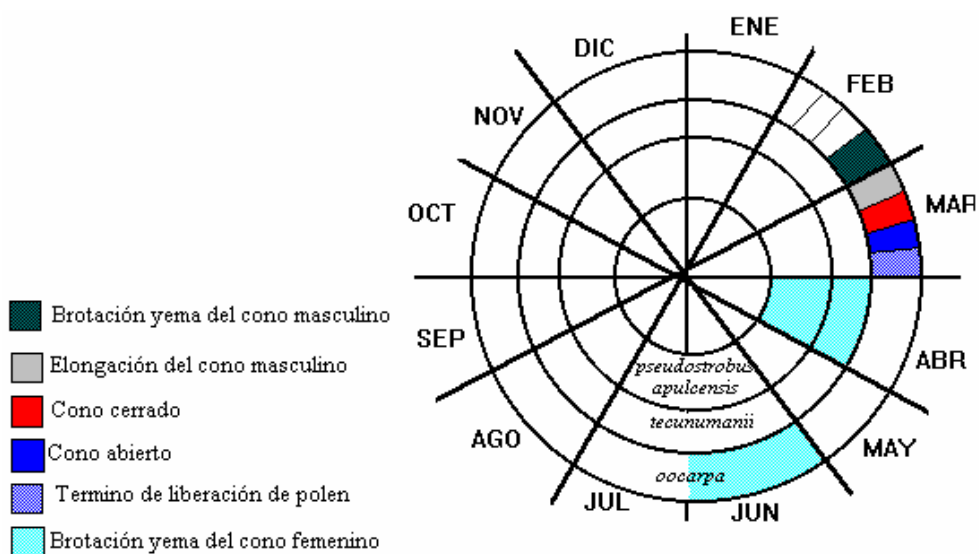


Figura 56. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en tres especies de pinos de la Sección *Pseudostrobus* y *Serotinae* durante un año.



Figura 57. *Pinus oocarpa*, estado reproductivo con la emisión de conos femeninos, marzo de 1996.



Figura 58. *Pinus ayacahuite*, estado reproductivo con la emisión de conos masculinos abril de 1996.

En la Sección *Pinceana* *P. maximartinezii*, presenta la emisión de estróbilos masculinos en abril y culmina en mayo, con la emisión de estróbilos en la primera y segunda semana de abril, elongación, apertura y termino de liberación de polen de la segunda a la cuarta semana de mayo Figura 53.

Para la Subsección *Patula*, *P. patula*, presenta emisión de yemas masculinas de marzo a abril, elongación y madurez de la tercera semana de marzo a la segunda semana de abril, con termino y apertura de liberación de polen de la segunda a la cuarta semana de abril (Figura 54). En *P. greggii* la emisión de yemas de conos masculinos se presenta en abril y culmina en mayo, con brotación de yemas para conos de la segunda a la tercera semana de abril, elongación y madurez de la tercera semana de abril a la segunda semana de mayo, y continua con madurez y apertura en la tercera semana, termino de liberación de polen en la cuarta semana de mayo (Figura 54). Para *P. radiata*, se presenta emisión de estróbilos masculinos en la primera semana de diciembre, seguido de una elongación, madurez, apertura y termino de liberación de polen en la siguiente semana, que se prolonga hasta la primera semana de enero Figura 54.

Para la Sección *Rudis*, *P. hartwegii*, presenta emisión de estróbilos masculinos en enero y termina en marzo, con brotación de yemas inicia en la tercera semana de enero y elongación en la primera semana de febrero, seguido de brotación de nuevas yemas madurez y apertura de la primera a la tercera semana de febrero, y termino de liberación de polen de la cuarta semana de febrero a la segunda semana de marzo Figura 55. En la Figura 59 y 60 se aprecia la maduración del cono masculino con la liberación de polen.



Figura 59. *Pinus hartwegii*, estado reproductivo con la maduración de conos masculinos, febrero de 1996.



Figura 60. *Pinus hartwegii*, estado reproductivo con liberación de polen, marzo de 1996.

En la Subsección *Oocarpa* para *P. oocarpa*, se observa la emisión de yemas en febrero, con termino de liberación de polen en la última semana del mes, que se desarrollan de la primera a la segunda semana de febrero, elongación y madurez de la segunda a la cuarta semana del mismo mes, seguido de una elongación de yemas en la primera semana de marzo, y la liberación de polen de la tercera a la cuarta semana de marzo Figura 56.



## DISCUSIÓN

### Observaciones dasométricas

#### Crecimiento en altura

Para *P. ayacahuite* y *P. ayacahuite* var. *brachyptera* el crecimiento en altura para las especies responde a una temperatura y precipitación ascendentes, con estabilización de crecimiento cuando los parámetros climatológicos son descendentes. En *P. ayacahuite* var. *veitchii* el crecimiento es menor cuando precipitación y temperatura son bajas y mayor cuando los parámetros climatológicos son ascendentes. Para *P. cembroides*, *P. cembroides* sub. sp. *orizabensis*, *P. discolor*, *P. johannis*, *P. lagunae* y *P. culminicola*, responden a un aumento de crecimiento cuando precipitación y temperatura son altas, con estabilización de crecimiento cuando precipitación y temperatura son descendentes. *P. pinceana* presenta crecimiento constante de abril del 95 a abril del 96 aun con las variaciones de clima y temperatura. En *P. maximartinezii* el crecimiento es mayor de enero a abril de 1996 aun con precipitaciones y temperaturas bajas.

*P. leiophylla*, muestra aumento de crecimiento aun con precipitaciones y temperaturas bajas. En *P. lumholtzii*, *P. jeffreyi*, *P. arizonica* y *P. montezumae* var. *lindleyi*, se presenta mayor crecimiento cuando precipitación y temperatura son ascendentes. A diferencia de *P. hartwegii* que presentó mayor crecimiento de enero a abril del 96 con temperaturas y precipitaciones bajas.

Para *P. michoacana*, *P. michoacana* var. *cornuta* y *P. pseudostrobus*, se observa mayor crecimiento cuando ascienden precipitación y temperatura. En tanto que, para *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* el crecimiento es mayor cuando precipitación y temperatura son bajas. Para *P. oaxacana* y *P. pseudostrobus coatepecensis*, se observa mayor crecimiento con temperatura y precipitación ascendentes. En tanto que *P. radiata* y *P. oocarpa*, muestran crecimiento constante durante el período de evaluación. A diferencia de *P. pringlei*, *P. tecunumanii* y *P. teocote*, que mostraron mayor crecimiento con el aumento de precipitación y temperatura. Así como *P. caribaea*, que mostró crecimiento constante durante el período de evaluación.

#### Crecimiento en diámetro a 10 cm y a 1.3 m

Para *P. ayacahuite*, *P. ayacahuite* var. *brachyptera*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, *P. discolor* y *P. johannis*, se observo un aumento del diámetro con precipitación alta y temperatura media durante el año, con estabilización del crecimiento del diámetro a 10 cm, cuando disminuyen precipitación y temperatura. Para *P. lagunae*, se observa un incremento del diámetro uniforme.

En tanto que para *P. culminicola*, se observa un incremento del diámetro constante bajo los parámetros de aumento, con descenso de precipitación y temperatura.

En *P. maximartinezii*, se observa un incremento del diámetro cuando aumenta la precipitación y desciende la temperatura.

*P. leiophylla*, presenta aumento del diámetro cuando aumenta la precipitación, con una segunda fase de crecimiento mayor de enero a abril del 96, cuando asciende un poco la precipitación. Para *P. lumholtzii*, se observan cambios variados de en el aumento del diámetro durante el período de evaluación, en tanto que para *P. jeffreyi*, se observa un aumento constante del diámetro. A diferencia de *P. jeffreyi* que muestra un aumento constante durante el período de evaluación. En tanto que para *P. arizonica*, se observa un aumento mayor de enero a abril aun con la poca precipitación y temperatura.

Para *P. montezumae* var. *lindleyi*, *P. hartwegii*, *P. michoacana*, *P. michoacana* var. *cornuta*, *P. pseudostrobus*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobus apulcensis*, *P. greggii*, *P. patula*, *P. pringlei* y *P. oocarpa*, se observa aumento del crecimiento, cuando precipitación y temperatura son altas y estabilización del crecimiento cuando los parámetros son descendentes. En tanto que para *P. radiata*, se observa un factor de crecimiento en diámetro constante.

De tal forma que para *P. tecunumanii* y *P. teocote*, se muestra el mismo patrón de crecimiento, cuando precipitación y temperatura son ascendentes. Finalmente para *P. caribaea*, se observa crecimiento del diámetro constante.

Para el diámetro a 1.3 m *P. ayacahuite* inicia su incremento en los últimos meses, cuando disminuyen precipitación y temperatura. En tanto que para *P. ayacahuite* var. *brachyptera*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. cembroides*, *P. cembroides* sub, sp. *orizabensis*, *P. discolor*, *P. johannis* y *P. lagunae*, se observa mayor incremento del diámetro cuando ascienden precipitación y temperatura. A diferencia de *P. culminicola*, que mantiene un aumento del diámetro lento pero constante durante el período de evaluación.

En *P. pinceana*, *P. maximartinezii*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. jeffreyi*, *P. arizonica*, *P. montezumae* var. *lindleyi*, *P. hartwegii*, *P. michoacana*, *P. michoacana* var. *cornuta*, *P. pseudostrobus*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, *P. pseudostrobus* var. *coatepecensis*, *P. greggii*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. oocarpa*, *P. teocote* y *P. caribaea* muestran aumento en el crecimiento, cuando ascienden precipitación y temperatura. A diferencia de *P. radiata* y *P. caribaea* presentan crecimiento constante.

#### Longitud del brote apical y lateral

*P. ayacahuite* var. *brachyptera*, *P. ayacahuite veitchii*, *P. ayacahuite*, y *P. cembroides*, *P. discolor*, *P. johannis* y *P. lagunae* muestran incremento en las longitudes, cuando precipitación y temperatura son ascendentes y crecimiento constante del brote lateral para *P. lagunae*. A diferencia de *P. cembroides* sub. sp. *orizabensis* y *P. culminicola* que mantiene un incremento constante en la longitud del brote apical y lateral.

En tanto que *P. pinceana*, *P. maximartinezii*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. jeffreyi*, *P. arizonica*, *P. montezumae* var. *lindleyi*, *P. hartwegii*, *P. michoacana*, *P. michoacana* var. *cornuta*, *P. pseudostrobus* *P. Pseudostrobus apulcensis*, *P. oaxacana*, y *P. pseudostrobus coatepecensis*, muestran aumento en la longitud del brote, cuando se incrementa precipitación y temperatura. En tanto que para *P. jeffreyi*, *P. arizonica* y *P. oaxacana*, que muestran aumento de la longitud del brote lateral mayor para el ultimo período de registro, con baja temperatura y precipitación. En tanto que *P. radiata* muestra un crecimiento lento, pero constante durante el

período de evaluación. En *P. greggii*, *P. patula*, *P. oocarpa*, *P. tecunumanii*, *P. teocote* y *P. caribaea* muestran un aumento en la longitud del brote con precipitación y temperaturas altas. En tanto que *P. pringlei* mostró crecimiento constante de los brotes durante el período de evaluación.

#### Número de verticilos

La mayoría de las especies presentaron emisión de verticilos en la época de mayor temperatura y mayor humedad en el período de abril a julio, con una segunda fase en la emisión de verticilos de enero a abril de 1996, excepto para; *P. culminicola*, *P. pinceana*, *P. montezumae* var. *lindleyi*, *P. leiophylla* y *P. greggii* con emisiones constantes.

#### Observaciones fenológicas

Las condiciones micro ambientales derivadas en el sistema de plantación y rasgos del suelo son responsables de las diferencias en el crecimiento de brotes y conillos así como la producción de estos, relacionada con las variables dasométricas individuales.

La fecha de iniciación de primordios de conos esta sujeta a variación debido a fluctuaciones de los elementos climáticos.

En la producción de conillos se ve muy reducida principalmente, por que son árboles jóvenes con producción de conillos en su mayoría abortivos.

Conillos abortivos en; *Pinus cembroides* subespecie *orizabensis*, *P. johannis*, *P. tecunumanii*, *P. arizonica*, *P. hartwegii*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, *P. patula* y *P. oocarpa*.

Conos maduros en: *P. greggii* y *P. jeffreyi*.

Por lo tanto la emergencia de conos masculinos y femeninos, así como la emisión de brotes vegetativos es muy variable y esta sujeta a variación, debido a fluctuaciones de los elementos climáticos. En tanto que el crecimiento e incremento en altura en los árboles esta menos influenciado por el medio ambiente que en diámetro. Por lo tanto la variación en el incremento en la altura en árboles individuales, se debe probablemente a su diferente reacción al foto período.

Los factores que delimitaron el crecimiento en los árboles fue principalmente al tipo de suelo tepetatoso y a la sequía a la que estuvieron expuestos. Pero sí hubo especies que mostraron altos parámetros de crecimiento durante el período de evaluación como; *P. greggii*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. pseudostrobus coatepecensis*, *P. oaxacana* y *P. tecunumanii*.

Otros factores que delimitaron el crecimiento de las especies fue principalmente la altitud y la sequía que propicio en parte el ataque de plagas.

## Análisis fenológico de la fase vegetativa

Prácticamente los estudios realizados en crecimiento vegetativo para especies de pinos mexicanos son muy pocos, por lo que a continuación se describen algunas especies que han sido observadas en otras regiones del país, además de la comparación en la fase de crecimiento vegetativo y floración.

En la zona de estudio *P. pringlei* y *P. oocarpa* inician la fase vegetativa en octubre y para *P. michoacana* en marzo. A diferencia de lo señalado por Bello (1978), en Uruapan Michoacán quien indica que el inicio del estado vegetativo. Para *P. pringlei* ocurre en noviembre. En *P. oocarpa* en junio y en *P. michoacana* en abril. Por lo que *P. pringlei* y *P. michoacana* se adelantan un mes y *P. oocarpa* se atrasa cuatro meses.

Para *P. patula*, se observan dos fases de formación de hojas, que brotan en la primera semana de abril y la segunda en noviembre. A diferencia de lo señalado por Vela (1980), para *P. patula* en su estudio realizado en el D. F., indica que a fines de invierno las hojas del primer internudo brotan alcanzando su madurez durante la primavera y en mayo se inicia la segunda formación del segundo y internudo con la subsecuente aparición de nuevas hojas que maduran entre junio y julio.

Para *P. caribaea* fue difícil resolver la fase vegetativa ya que no termina una fase cuando inicia la otra, fases traslapadas, además de la adición de racimos o rosetas de hojas, conocidas como cola de zorra, que hacían aun más difícil la separación de fases. Sin embargo Lanner (1986), observa los patrones de crecimiento en pinos piñoneros y en *P. caribaea* en Chapingo con el patrón de crecimiento para *P. caribaea* con un ciclo de crecimiento anual, que incluye la iniciación y elongación traslapadas por varias yemas temporales, sin una estación de crecimiento definido o período de reposo. Señalando además, que la misma forma de crecimiento es patente. Sin embargo, se alcanza a distinguir la última fase de crecimiento.

En el *Pinetum*, para los piñoneros se observó un crecimiento vegetativo muy similar, mostrando el inicio de la fase vegetativa en abril. Lanner (1986), señala que en los piñoneros el crecimiento se alcanza por la adición de un brote pequeño al brote de primavera, señala además, que el crecimiento de brotes de pino suelen representarse como la elongación de una yema durante la primavera, que es producida en el verano del año anterior específicamente en México.

En *P. oaxacana*, se observó estado de yema de noviembre a enero, con emisión de primordio foliar de febrero a marzo y pleno recubrimiento foliar de abril a mayo, con total desarrollo de hojas en junio y una segunda fase de crecimiento inmediata de julio a agosto, con pleno recubrimiento foliar en septiembre y total desarrollo de hojas en octubre. Sin embargo, para esta especie Ramírez y Nepamuceno (1986), en su estudio en los Altos de Chiapas reportan que *P. oaxacana*, presenta un crecimiento constante en los meses de noviembre a diciembre y latencia durante octubre y diciembre, con etapas de crecimiento de yemas y acículas de enero a septiembre

Para *P. ayacahuite*, se señala que en el mes de abril inicia la emergencia de primordios foliares, cuando sus ramillas están totalmente elongadas. A diferencia de lo que ocurrió en la zona de estudio *Pinetum*, para *P. ayacahuite*, que mostró estado de yema de agosto a enero, con

emisión de primordios foliares de febrero a marzo, pleno recubrimiento foliar de abril a junio y total desarrollo de hojas en julio. Para *P. cembroides*, se observó un ciclo en la emisión de acículas. Sin embargo, Zavala *et al.* (1987), indica que las acículas difieren en fecha de iniciación y crecimiento, con mayor longitud y tempranas las de primavera.

### Análisis fenológico en estróbilos masculinos y femeninos

Según Bello (1978), señala que *P. radiata* desprende polen en marzo en su ambiente natural y en la zona de estudio presentó emisión de estróbilos masculinos en la primera semana de diciembre, culminando la liberación de polen en la primera semana de enero. Señala además que *P. oocarpa*, presenta período reproductivo de enero a marzo con emisión de estróbilos masculinos en marzo y femeninos de mayo a junio. Para *P. michoacana* a mediados de primavera. Sin embargo, en la zona de estudio se atrasa un poco la época reproductiva ya que para *P. oocarpa* inicia en febrero, coincidiendo con el término de liberación de polen en la última semana de marzo.

Patiño (1973), señala que la emisión de estructuras reproductivas para las especies nativas de México se presenta en los meses de enero a abril y la maduración de conos es de octubre a febrero (la maduración de conos no se pudo observar, debido a que son especies de corta edad). Para *P. arizonica*, señala que es de marzo a abril en Coyoacán y D. F. y en el *Pinetum* la emisión de estructuras reproductivas se presentó de la segunda a la tercera semana de abril, coincidiendo la época de emisión de estróbilos. Para *P. ayacahuite* en mayo, en Tlaxcala, D. F y Guerrero, coincidiendo la especie *P. ayacahuite brachyptera* para el mes de mayo con estróbilos femeninos y estróbilos masculinos. Para *P. ayacahuite veitchii*, indica que es de abril a mayo en el D.F, Puebla y Michoacán. Sin embargo, en el *Pinetum* se adelanta la brotación para el mes de agosto a septiembre con la emisión de estróbilos masculinos.

Para *P. greggii*, señala que es de enero a marzo en Hidalgo, Querétaro y D. F, mientras que en el *Pinetum* se presentaron estróbilos masculinos de abril a mayo y femeninos de enero a febrero, coincidiendo esta última para los meses indicados, pero no para los masculinos, con una segunda emisión de estróbilos femeninos de septiembre a octubre para la especie del *Pinetum*. Señala también que *P. hartwegii*, presenta estructuras reproductivas de marzo a abril en México y Puebla a diferencia del *Pinetum*, que se presentaron estróbilos femeninos en la primera semana de enero a la primera semana de febrero y estróbilos masculinos de enero a marzo.

Para *P. oocarpa*, indica que la emisión de estructuras reproductivas se presenta de noviembre a febrero en Chiapas, Querétaro, Michoacán y Jalisco, a diferencia de lo ocurrido en el *Pinetum* ya que los estróbilos masculinos se presenta de febrero a marzo y los femeninos en julio. En tanto que para *P. patula* señala que es de enero a abril en Veracruz, Michoacán, Hidalgo, Querétaro, Tamaulipas y Puebla. La emisión de estructuras reproductivas para la misma especie en el *Pinetum*, es de marzo a abril, estróbilos masculinos y femeninos. A diferencia de *P. greggii*, para quien indica un período juvenil de reproducción de 2 a 3 años, al igual que *P. ayacahuite* y *P. patula* que tardan de 10 a 15 años su reproducción.

Para *P. patula*, Vela (1980) señala que los estróbilos femeninos y masculinos, se presenta a fines de febrero y principios de marzo, pero como se mencionó anteriormente la especie no difiere mucho en el tiempo de la emisión de estructuras reproductivas en el D. F. y en el *Pinetum* ya que en este último lugar sucede de marzo a abril.

En *P. oocarpa* y *P. greggii*, Shaw (1909) señala que la formación de estructuras reproductivas, se presenta un poco después de *P. pringlei*, que ocurre en noviembre y principios de diciembre. Mientras que en el *Pinetum P. oocarpa* presenta estróbilos masculinos de febrero a marzo y femeninos en julio.

Ramírez y Nepamuceno (1986) señalan que las estructuras reproductivas para *P. ayacahuite* se presenta en mayo y es cuando además se llevan a cabo los eventos de fructificación de un año y otro. En el *Pinetum P. ayacahuite* var. *brachyptera*, presentó de igual manera estróbilos femeninos en mayo. Sin embargo, para *P. ayacahuite* var. *veitchii*, los estróbilos masculinos se presentaron de agosto a septiembre.

Para la Sección *Cembroides*, Zavala (1987) y Perry (1991), señalan que *P. cembroides* Zucc, desarrolla brotes de conos femeninos en primavera, con una segunda emisión en verano, indica además que el de primavera se inicia en abril y que desprende polen de 4 a 6 semanas más rápido que *P. discolor*. En la zona de estudio *Pinetum P. cembroides* sub. sp. *orizabensis* presentó estróbilos femeninos de mayo a junio, con brotes de verano.

Realmente hay pocos estudios en cuanto a fenología de especies de pinos mexicanos. De los retomados por otros autores existen otras pocas especies a las que se ha estudiado la fase vegetativa y emisión de estructuras reproductivas. Aunque cabe señalarse, que si hay mas estudios, pero que aun no han sido retomados ya que la emisión de estructuras reproductivas en las especies del *Pinetum* es reducido, pero en cuanto a crecimiento vegetativo prácticamente es muy poco el estudio que se ha realizado.

## RECOMENDACIONES

Considerando la edad joven de las especies y su inicio en la emisión de estructuras reproductivas en algunos pinos, se recomienda el seguimiento del estudio, para poder tener un patrón general de la población en cuanto a la emisión de estructuras reproductivas, esperando que las especies lleguen a una edad madura y tener entonces las fechas de maduración de conos y recolección de semilla. Por lo que, dicho estudio no se puede generalizar o extrapolar ya que la plantación de *Pinus* estudiada, es relativamente pequeña en un área reducida de tal forma este estudio es útil exclusivamente para la localidad y sus alrededores.

Considerando la adaptabilidad de algunas de estas especies, se puede tomar la pauta para comenzar a reforestar en la localidad, con aquellas especies que tuvieron un buen desarrollo e introducir las especies de pinos que más se adaptaron en el sitio de estudio.

Por lo tanto se sugiere tomar en cuenta los siguientes puntos:

- a) Realización de más estudios en el interior del país, para conocer más a fondo la fenología y obtener un patrón de crecimiento y emisión de estructuras reproductivas de la mayoría de las especies de los diferentes estados y por que no, de comunidades distantes y tener un calendario fenológico y global de la entidad.
- b) Destacar dentro de los calendarios fenológicos el seguimiento en la producción, maduración de frutos y la colecta de semillas, para un mejoramiento genético y aprovechamiento de las especies como recurso forestal, con la realización de programas de producción masiva de pinos procedentes de diferentes ambientes destinados a la restauración y conservación de los recursos naturales.
- c) Enfocar su aprovechamiento en la producción industrial que de este se deriva, para aprovechar la gran diversidad de especies mexicanas del género *Pinus*.
- d) Reunir las diversas entidades Federativas, Estatales y particulares para la creación de un banco de germe plasma de especies de pinos mexicanos, las cuales sean distribuidas en todo el mundo ya que México es uno de los países con mayor diversidad de especies dentro del género *Pinus*.
- e) Fomentar el uso de especies nativas para la reforestación explotando la riqueza de la capacidad de adaptación de gran diversidad de especies de pinos y mantener la variabilidad genética de las plantaciones.
- f) Implementar programas de manejo sustentable, para incorporar el conocimiento autóctono acerca del potencial reproductivo y del uso de especies de pinos poco conocidas o aun sin descubrir o describir.

## LITERATURA CITADA

- Arkin H. y R., R. Colton. 1977. Métodos estadísticos. 5ª . ed. Continental. México, D. F. p: 51-83.
- Bello G., M. A. 1978. Estudio fenológico de cinco especies de *Pinus* en la región de Uruapan, Michoacán. INIF. Boletín Técnico No. 96. México. p. 22 - 36, 40 - 54.
- Bello G., M. A. 1988. Consideraciones metodológicas para estudios fenológicos en bosques templados de coníferas. Ciencia Forestal. 64 (13): 89-104. México.
- Campos D., J. L. 1993. Claves para la determinación de pinos mexicanos. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección de Difusión Cultural. Chapingo, México. 70 p.
- Cedeño S., O. y A. Espinoza B. Observaciones fenológicas de 70 especies forestales en el CEF "El Tormento", Campeche, INIF (inédito) 13 p.
- Chao L., L. 1982. Estadística para las ciencias administrativas. 2 ed. McGraw - Hill. México. 472 p.
- Convenio para el establecimiento, Protección, Mantenimiento, Investigación y Educación Ambiental del " *Pinetum* " Conmemorativo de la Expo Feria Internacional del Árbol. 1992. México. 5 p.
- Duchaufour P. 1984. Edafogenésis y Clasificación. Masson S.A. Barcelona España. p. 493.
- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de investigación de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de enseñanza Investigación y Servicio del Bosque. Chapingo, México. 622 p.
- Fournier L., A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba. 24 (4): 422-423. Costa Rica.
- Francoise M., P. 1982. Les forest de *pinus* cembroides au mexique. Estudios mesoamericanos II-5. Recherchesurles civilisations. París. p. 9-16, 34-46.
- García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México. 246 p.
- INEGI. 1988. Atlas nacional del medio físico. Escala. 1: 1000 000. Carta edafológica. México. p. 152-169.
- Jiménez, J. y H. Kramer. 1992. Dinámica del crecimiento de especies arbóreas en un rodal mixto incoetáneo, mediante la metodología de análisis troncal. UANL. Ciencias Forestales No. 31. Linares, N. L. México. p.



- Klepac, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 365 p.
- Lamb A., F. A. 1973. Fast growing timber tree of the low land tropics. *Pinus caribaea*. Unit of tropical silviculture. Department of Forestry Road Oxford. 1 (6): 82-86. Inglaterra.
- Lanner, M., R. 1966. The phenology and growth habits of pines in Hawaii. (PSW) U. S. Forest and Range. Experiment Station. Forest Service Department, of Agriculture. No. 29. California, U.S.A. p. 1 - 23.
- Lanner, M., R. 1986. Patrones de desarrollo de brotes en pinos y su relación con el crecimiento potencial. División de Ciencias Forestales No. 19. Chapingo, México. p. 7 - 25.
- Lieth, H. 1974. Phenology and seasonality and modeling. Analysis and synthesis. Ecological studies No. 8. Springer-Verlag. New York, U S A. p. 4.
- Little, R., J. 1980. A dictionary of botany. R. C. Eugene Jones. Van Nostrand reinhold. New York., U S A. 400 p.
- López, C., R. Et al. 1992. Establecimiento del Pinetum conmemorativo, a la expoferia internacional del árbol, Cuautitlán Izcalli, Probosque, SARH, México. 7 p.
- Martínez M. 1992. Los pinos mexicanos. 3 ed. Botas. México. 361 p.
- Mirov, N., T. 1967. The genus *Pinus*. The Ronald Press Company. New York, U S A. 557 p.
- Mejía G., M. 1990. Fenología, fundamentos y métodos. En Memorias de Seminario taller sobre investigaciones en semillas forestales tropicales. Bogotá, Colombia. Serie de documentación No. 18. p. 65-79.
- Moreno D., R. 1978. Clasificación de Ph, del suelo, contenido, sales y nutrientes asimilables. INIA – SARH, México. D.F.
- Niembro R., A. 1985. Germoplasma forestal. Serie de apoyo académico 7. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, México. 34 p.
- Niembro R., A. 1986. Mecanismos de reproducción sexual en pinos. Limusa. Chapingo, México. 119 p.
- Océano. 1997. Vocabulario Técnico – Científico. Céano. España. 490 p.
- Patiño V., F. 1973. Flowering, fruiting, cone collection and some aspects of seeds of the Mexican pines. International Symposium on Seed Processing. International Union of Forest Research Organisations. Bergen, Norway. 2 (22): 19 p.

- Perry J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
- Prieto R., J. A. y A. Quiñones Ch. 1993. Observaciones fenológicas para la determinación del ciclo reproductivo en el género *Pinus*. S.A.R.H, INIFAP-CIRNOC. Campo experimental "Valle del Guadiana". Tema didáctico No. 2. Durango, Dgo. p. 4-28.
- Producción Forestal. 1998. Manuales para educación agropecuaria. N0. 54. 134 p. México.
- Quer, F., P. 1982. Diccionario de botánica. Labor. Barcelona. España. 1244p.
- Quintero de A., R. y A. B. Villa S. 1991. Evaluación dasométrica fenológica y sanitaria del ahuejote, *Salix bonplandiana* HBK, en el área chinampera de Xochimilco. Ciencia Forestal. 16 (70): 24-39. México.
- Ramírez G., J. A. y F. Nepamuceno M. 1986. Fenología de tres especies de coníferas de la región de los "Altos de Chiapas". Ciencia Forestal. 11 (6): 21-50. México.
- Romeu, E. 1995. Pinos mexicanos. Subsecretaria Forestal y de Fauna Silvestre, S.A.R.H. Programa de fomento a la producción de resina de pino. (inédito) p. 1-6.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 431 p.
- Sarvas, R. 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. Comm. Inst. Forest. Fenn. 53 (4): 15 - 30.
- Scheffler, C. W. 1981. Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. México. p.14-18.
- Shaw, R. G. 1909. Los pinos de México. Comisión Forestal Técnica de Reforestación. No. 15. Michoacán, México. p. 13, 25, 28.
- Vela G. L. 1980. Contribución a la ecología de *Pinus patula*. S.A.R.H. Subsecretaria Forestal y de la Fauna. INIF. No. 19. México. 109 p.
- Zavala Ch. 1987. Estudio de la primera etapa del desarrollo de conos femeninos de *Pinus cembroides* Zucc. II Simposio Nacional sobre pinos piñoneros. División de Ciencias Forestales. C.E.M.C.A. Chapingo, México. 622 p.

## **APÉNDICE**

## Sección I

### Apéndice 1. Terminología

La terminología fue tomada de Quer (1982), Ramírez y Nepamuceno (1986), Bello (1988), Martínez (1992) y Prieto y Quiñones (1993).

**Alógama:** cuando el polen llega al estigma procedente de otra flor.

**Adventicio:** órgano que se desarrolla a partir de un tejido adulto, no de un tejido embrional o meristemático.

**Anemófila:** polinización que se verifica por medio del viento que transporta el polen.

**Amentos:** estróbilos masculinos que normalmente están agrupados en racimos subterminales en las ramas cortas y delgadas de la parte inferior de la copa.

**Brácteas:** son las que reemplazan a las hojas primarias, de cuyas axilas aparecen las hojas secundarias en grupos llamados fascículos, protegidos en su base por una vaina.

**Catáfilo:** hojas que se desarrollan en la parte inferior del tallo y que son las primeras en desarrollarse, después de los cotiledones. Hojas poco desarrolladas sobre diversas partes de las plantas.

**Cepellón:** Porción de tierra adherida a las raíces de plantas, cuando se arrancan de cuajo.

**Conillos:** pueden ser laterales o sub terminales, según aparezcan en la ramilla lejos de la rama terminal o contiguos a ella. Siempre tienen un pedúnculo mas o menos largo, y frecuentemente escamoso, ya erguido, ya reflejado y son de color variable, generalmente morenos o azulosos.

**Diploxilon:** subgénero donde se encuentran los pinos de maderas duras.

**Espectro fenológico;** todo el conjunto de fenofases, todo un ciclo biológico.

**Estróbilos:** flores masculinas y femeninas del género *Pinus*, órgano reproductivo de las coníferas, caracterizado por tener flores incompletas ya que carecen de cáliz, corola y pistilo.

**Fase:** es la aparición, transformación rápida de los órganos de las plantas, y su duración es de unos cuantos días.

**Fascículo:** inflorescencias, cima muy contraída aunque menos que el glomérulo (conductor de alimentos).

**Fenodinámica:** es la forma en que ocurre la fenofase a lo largo del año, contabilizando el porcentaje de las especies en una comunidad que inician una fase dada, permitiendo construir los fenogramas. La elaboración de la fenodinámica para cada especie es una comunidad o su representación en tablas comparativas es llamado espectro fenológico.

**Fenofase:** cada etapa del ciclo de vida, de una especie en particular, y su estudio parte de las observaciones del principio y el final de cada una de ellas, especialmente en órganos en los que ocurren cambios biológicos, en un corto período.

**Fenología:** estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico, como brotación, florecencia la maduración de frutos, relacionados con el clima de la localidad (Font, 1982). Además de la dispersión, el rompimiento de la latencia, inicio y desarrollo del crecimiento vegetativo de tallos, es también el período y duración de los evento fenológicos, relacionados directamente con la época del año y condiciones climáticas que prevalezcan

**Fenometría:** cualquier método adaptativo, para cuantificar una o todas las fenofases de un ciclo biológico.

**Fenotipo:** expresión o manifestación externa de un genotipo en un ambiente determinado.

**Flores:** los pinos son plantas monoicas, es decir, producen flores masculinas y femeninas, en un mismo árbol. No tienen cáliz ni corola, sino únicamente los órganos esenciales, como son el androceo y el gineceo.

**Genotipo:** conjunto de la información genética contenida en los cromosomas de un individuo, referida a todos o una porción de los caracteres diferenciales.

**Glómérulo:** masa densa formada por un conjunto de filamentos esporógenos.

**Haploxilon:** subgénero donde se encuentran los pinos de maderas blandas.

**Heterocigosis.** Individuo cuyo genotipo responde al carácter híbrido, de los pares alelos. El gen determinante del carácter que se manifiesta plenamente en la primera generación F<sub>1</sub> que se conoce como dominante., el gen que corresponde al carácter parental enmascarado y que vuelve a manifestarse en la segunda generación F<sub>2</sub>, que se conoce como recesivo.

**Híbrido:** individuo resultante del cruce genético entre dos especies biológicas destinadas, normalmente estéril, individuo resultante del cruzamiento entre parentales de la misma especie pero de diferente genotipo.

**Megaesporangios.** Estróbilos micro esporangiados o flores masculinas, que nacen en grupos en el extremo del crecimiento de la última estación, y se ubican en las axilas de las acículas, agrupados en racimos sub terminales en las ramas cortas y delgadas de la parte inferior de la copa, conocidas también como ametos.

Megasporofilas: escamas gruesas y carnosas, insertadas helicoidalmente en torno a un eje central de un estróbilo.

Mega esporangios: yema floral que da origen a los estróbilos femeninos inicia en el verano y emergen en la siguiente primavera.

Monoicas: todas las flores imperfectas unisexuales, las flores masculinas y femeninas presentes en el mismo individuo.

Período juvenil: comprende el tiempo que transcurre desde que las semillas germinan hasta que producen las estructuras reproductivas, su duración es variable y depende básicamente de la constitución genética de las plantas y de las condiciones del medio.

Período de reposo: es el lapso de tiempo en que queda suspendido el crecimiento se presenta la caída de hojas en plantas perennes de regiones templadas o frías, coincidiendo el período vegetativo con la época calurosa y el período de reposo con la invernal.

Período vegetativo: es el lapso de tiempo durante el cual, las plantas llevan a acabo su crecimiento y desarrollo vegetativo, desarrollo de ramas, tallos y hojas y reproductivo, con la formación de flores, frutos y semillas.

Sub período: es el intervalo de tiempo limitado por dos fases sucesivas, es una verdadera etapa de vida en las plantas y es utilizado el termino también, como etapa fenológica.

Vainas: es un estuche que sostienen a los fascículos y esta formado por escamas mas o menos unidas o sobrepuestas. Su superficie es lisa o escamosa.

## Sección II. Promedios de los parámetros de medición.

Apéndice 2. Diámetros promedios a 10 cm expresados en centímetros de los *Pinus* en el *Pinetum* Cuautitlán Izcalli Edo. de México.

Sección	Especies	Meses de medición						
		1995				1996		
		Enero	Abril	Julio	Octubre	Enero	Abril	X
<b>Cembra</b>	<i>ayacahuite</i> var <i>veitchii</i>	7.73	8.46	9.26	9.33	9.43	9.46	8.99
	<i>ayacahuite</i> var <i>brachyptera</i>	2.97	3.10	3.45	3.57	3.65	3.65	3.39
	<i>ayacahuite</i>	3.25	3.35	3.73	4.8	5	5.35	4.24
<b>Paracembra</b>	<i>cembroides</i>	3	3.07	3.5	3.58	3.62	3.92	3.44
	<i>cembroides</i> sub sp. <i>orizabensis</i>	3.05	3.27	3.42	3.82	3.85	3.9	3.55
	<i>discolor</i>	2.52	2.56	3.04	3.2	3.2	3.34	2.97
	<i>johannis</i>	3.32	3.74	4.10	4.24	4.28	4.48	4.02
	<i>lagunae</i>	3.08	3.16	3.68	3.86	3.92	4.14	3.64
	<i>culminicola</i>	1.63	1.73	1.76	1.80	1.83	1.86	1.76
	<i>pinceana</i>	2.12	2.27	2.52	2.67	2.77	2.85	2.53
	<i>maximartinezii</i>	5.24	5.54	6.06	6.16	7.04	7.26	6.21
	<i>leiophylla</i>	7.74	8.02	8.40	9.24	9.38	9.83	8.76
<b>Leiophyllae</b>	<i>lumholtzii</i>	5.96	6.38	6.88	7.24	7.66	7.92	7.0
<b>Ponderosae</b>	<i>jeffreyi</i>	5.44	5.66	5.94	6.12	6.36	6.52	6.0
<b>Montezumae</b>	<i>arizonica</i>	2.70	2.86	3.36	3.55	3.83	3.86	3.36
	<i>montezumae</i> var. <i>lindleyi</i>	8.42	8.44	8.98	9.36	9.62	9.68	9.05
	<i>hartwegii</i>	8.64	8.66	8.96	9.04	9.1	9.18	8.93
	<i>michoacana</i>	6.08	6.46	7.02	8.32	8.52	8.78	7.53
	<i>michoacana</i> var. <i>cornuta</i>	8.44	8.66	9.36	9.76	9.88	9.92	9.33
	<i>pseudostrobus</i>	6.44	6.58	7.86	9.04	9.06	9.7	8.11
<b>Pseudostrobus</b>	<i>pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i>	4.3	4.85	5.40	5.73	5.79	5.96	5.33
	<i>pseudostrobus</i> var. <i>coatepecensis</i>	4.30	5.98	6.05	8.27	8.65	9.3	7.07
	<i>oaxacana</i>	5.36	5.94	7.14	8.24	8.7	9.04	7.04
<b>Serotinae</b>	<i>radiata</i>	2.33	2.43	2.56	2.66	2.7	2.8	2.54
	<i>greggii</i>	7.96	8.9	9.96	11.1	11.46	11.74	10.18
	<i>patula</i>	6.5	7.10	8.02	8.96	9.28	9.66	8.25
	<i>oocarpa</i>	8.02	8.16	8.70	8.75	9.04	9.17	8.64
	<i>pringlei</i>	7.28	7.66	8.38	8.56	8.56	8.96	8.23
	<i>tecunumanii</i>	5.2	5.76	6.74	7.18	7.6	7.68	6.69
<b>Teocote</b>	<i>teocote</i>	7.90	8.68	9.04	9.12	9.06	9.22	8.85
<b>Caribaea</b>	<i>caribaea</i>	2.0	2.20	2.50	3.1	3.4	3.7	2.85

Apéndice 3. Diámetros promedio a 1.3 metros expresados en centímetros de los *Pinus* en el *Pinetum* Cuautitlán Izcalli Edo. de México.

Sección	Especies	Meses de medición						
		1995				1996		
	Meses de medición	Enero	Abril	Julio	Octubre	Enero	Abril	X
<i>Cembra</i>	<i>ayacahuite</i> var <i>veitchii</i>	2.5	2.56	3.16	3.6	3.63	3.93	3.23
	<i>ayacahuite</i> var <i>brachyptera</i>	0	0	0	0.06	0.08	0.09	0.03
	<i>ayacahuite</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paracembra</i>	<i>cembroides</i>	0	0	0	0.75	0.8	1.85	0.56
	<i>cembroides</i> sub sp. <i>orizabensis</i>	0	0	0	0	0	0.9	0.15
	<i>discolor</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>johannis</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>lagunae</i>	0	0	0	0	0	0.4	0.06
	<i>culminicola</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>pinceana</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>maximartinezii</i>	0	0	0.72	0.93	1	1.25	0.65
	<i>leiophylla</i>	2.86	3.12	4.04	4.8	5.14	5.6	4.26
<i>Leiophyllae</i>	<i>lumholtzii</i>	2.02	2.12	2.64	3.01	3.26	3.28	2.72
<i>Ponderosae</i>	<i>jeffreyi</i>	2.0	2.12	2.64	3.01	3.26	3.28	2.71
<i>Montezumae</i>	<i>arizonica</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>montezumae</i> var. <i>lindleyi</i>	3.70	3.98	4.54	5.26	5.28	5.98	4.79
	<i>hartwegii</i>	3.68	3.84	4.48	4.83	4.84	4.88	4.42
	<i>michoacana</i>	0	0	2.43	2.81	2.86	3.2	1.88
	<i>michoacana</i> var. <i>cornuta</i>	4.32	4.60	5.62	6	6.98	7.02	5.75
<i>Pseudostrobus</i>	<i>pseudostrobus</i>	2.55	3.33	3.52	4.18	4.52	5	3.85
	<i>pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i>	0	0	1.1	1.5	1.6	1.6	0.96
	<i>pseudostrobus</i> var. <i>coatepecensis</i>	1.35	1.62	2.38	3.52	3.62	3.7	2.69
	<i>oaxacana</i>	1.56	2.07	2.46	3.24	3.36	3.74	2.73
<i>Serotinae</i>	<i>radiata</i>	0	0	0	0	0	0	0
	<i>greggii</i>	3.84	4.32	5.70	6.64	6.82	7.92	5.87
	<i>patula</i>	1.44	1.78	2.54	3.24	3.48	3.56	2.67
	<i>oocarpa</i>	2.8	3.62	4.2	4.87	5.02	5.02	4.25
	<i>pringlei</i>	3.44	3.55	3.92	4.42	4.45	4.46	4.04
	<i>tecunumanii</i>	1.76	2.14	2.80	3.5	3.60	3.74	2.92
<i>Teocote</i>	<i>teocote</i>	3.05	3.48	4.30	4.9	5.2	5.22	4.35
<i>Caribaea</i>	<i>caribaea</i>	0	0	0	0	0	0	0



Apéndice 4. Alturas promedio expresadas en metros de los *Pinus* en el *Pinetum* Cuautitlán Izcalli Edo. de México

Sección	Especies	Meses de medición						
		1995				1996		
		Enero	Abril	Julio	Octubre	Enero	Abril	X
<b>Cembra</b>	<i>ayacahuite</i> var <i>veitchii</i>	2.12	2.30	2.52	2.61	2.63	2.93	2.51
	<i>ayacahuite</i> var <i>brachyptera</i>	0.89	0.92	1.09	1.10	1.11	1.52	1.10
	<i>ayacahuite</i>	0.92	1.00	1.05	1.26	1.28	1.36	1.14
<b>Paracembra</b>	<i>cembroides</i>	1.21	1.23	1.37	1.40	1.43	1.58	1.37
	<i>cembroides</i> sub sp. <i>orizabensis</i>	0.86	0.87	1.04	1.14	1.17	1.19	1.04
	<i>discolor</i>	0.81	0.82	1.00	1.04	1.04	1.09	0.96
	<i>johannis</i>	0.87	0.89	1.07	1.09	1.11	1.13	1.06
	<i>lagunae</i>	1.04	1.17	1.26	1.28	1.30	1.44	1.24
	<i>culminicola</i>	0.22	0.26	0.27	0.28	0.30	0.31	0.27
	<i>pinceana</i>	0.71	0.76	0.87	0.90	0.91	0.99	0.85
	<i>maximartinezii</i>	1.23	1.35	1.57	1.67	1.72	1.85	1.5
<b>Leiophyllae</b>	<i>leiophylla</i>	2.15	2.48	2.72	2.76	3.02	3.31	1.74
	<i>lumbholtzii</i>	1.94	2.27	2.48	2.54	2.57	2.88	2.44
<b>Ponderosae</b>	<i>jeffreyi</i>	2.05	2.13	2.26	3.36	2.38	2.54	2.45
<b>Montezumae</b>	<i>arizonica</i>	0.57	0.66	0.92	0.94	0.96	0.99	0.84
	<i>montezumae</i> var. <i>lindleyi</i>	2.03	2.28	2.67	2.71	2.73	3.14	2.59
	<i>hartwegii</i>	1.96	2.22	2.29	2.33	2.35	2.50	2.27
	<i>michoacana</i>	0.97	1.09	1.63	1.63	1.64	1.91	1.47
	<i>michoacana</i> var. <i>cornuta</i>	2.25	2.43	2.77	2.78	2.79	3.02	2.67
	<i>pseudostrobus</i>	1.96	2.38	2.90	2.98	3.22	3.58	2.83
<b>Pseudostrobus</b>	<i>pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i>	1.07	1.32	1.36	1.37	1.39	1.65	1.36
	<i>pseudostrobus</i> var. <i>coatepecensis</i>	1.28	1.80	2.17	2.57	2.64	3.16	2.27
	<i>oaxacana</i>	1.57	2.24	2.53	2.61	2.65	3.23	2.47
<b>Serotinae</b>	<i>radiata</i>	0.93	0.96	1.02	1.03	1.03	1.07	1.0
	<i>greggii</i>	3.57	3.95	4.64	4.80	4.84	5.16	4.49
	<i>patula</i>	2.05	2.51	3.05	3.13	3.15	3.37	2.87
	<i>oocarpa</i>	2.29	2.44	2.54	2.57	2.86	2.92	2.60
	<i>pringlei</i>	2.30	2.44	2.46	2.66	2.77	2.79	2.44
	<i>tecunumanii</i>	2.24	2.63	3.07	3.30	3.37	3.58	3.03
<b>Teocote</b>	<i>teocote</i>	2.37	2.66	2.92	2.94	2.96	3.12	2.82
<b>Caribaea</b>	<i>caribaea</i>	0.53	0.74	0.82	0.88	0.97	1.12	0.84

Apéndice 5. Longitud del brote apical del eje, promedio expresado en centímetros de los *Pinus* en el *Pinetum* Cuautitlán Izcalli Edo. de México.

Sección	Especies	Meses de medición						
		1995				1996		
		Enero	Abril	Julio	Octubre	Enero	Abril	X
<i>Cembra</i>	<i>ayacahuíte</i> var <i>veitchii</i>	9.4	16.2	23.3	32	35	55	28.48
	<i>ayacahuíte</i> var <i>brachyptera</i>	11	13.9	20.5	21.7	21.81	28.76	19.61
	<i>ayacahuíte</i>	5.5	12	20.3	34.5	35	49.5	26.13
<i>Paracembra</i>	<i>cembroides</i>	7.8	10	15.6	17.4	19.8	23.4	15.66
	<i>cembroides</i> sub sp. <i>orizabensis</i>	13.37	14.7	21.5	24.75	29	31	22.38
	<i>discolor</i>	4.87	5.5	17	19.6	22.6	25.4	15.82
	<i>johannis</i>	9.4	12.4	17.2	19.2	21.1	23.9	17.2
	<i>lagunae</i>	7.54	22.4	31.9	35.5	41	52	31.72
	<i>culminicola</i>	2.6	3.86	4.95	5.83	6.27	8.21	5.28
	<i>pinceana</i>	7.75	11.5	17.25	18	19.7	24.75	16.49
	<i>maximartinezii</i>	5.18	7.22	37.4	47.6	49.1	63.4	34.98
	<i>leiophylla</i>	9	20.1	40.6	47.8	64	78	43.25
<i>Leiophyllae</i>	<i>lumholtzii</i>	10.1	16.6	47	49	51	72	40.95
<i>Ponderosae</i>	<i>jeffreyi</i>	7.4	12.6	21	36.2	37.6	44	26.46
<i>Montezumae</i>	<i>arizonica</i>	13.08	17.7	25.75	26	28	33.33	23.97
	<i>montezumae</i> var. <i>lindleyi</i>	15.7	22.24	64	66	75	104	57.82
	<i>hartwegii</i>	5.8	16.8	34.5	37.6	39.6	58	32.05
	<i>michoacana</i>	34.6	40.2	65.2	66.5	67	92	60.91
	<i>michoacana</i> var. <i>cornuta</i>	31.5	42.1	50.2	52	53.5	76	50.88
	<i>pseudostrobus</i>	45.2	50.6	71.4	89.7	122	135	85.65
<i>Pseudostrobus</i>	<i>pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i>	16.75	22.13	28.75	35.03	39.66	46.06	31.39
	<i>pseudostrobus</i> var. <i>coatepecensis</i>	31.7	38.7	69.9	92	101	158	81.88
	<i>oaxacana</i>	30.5	60	98	100	114	157	93.25
<i>Serotinae</i>	<i>radiata</i>	8.88	9.53	13.16	14.33	14.66	15	12.59
	<i>greggii</i>	49.2	76.5	101	148	152	170	116.11
	<i>patula</i>	14.5	44.4	87	101	107	122	79.31
	<i>oocarpa</i>	7.2	18	37.6	62.7	72	99.25	49.45
	<i>pringlei</i>	21.1	33.7	58.5	62	82.7	87	57.5
	<i>tecunumanii</i>	23.1	30.4	79	96	101	118	74.58
<i>Teocote</i>	<i>teocote</i>	17.8	21.2	48.8	52.5	56.5	60.2	42.83
<i>Caribaea</i>	<i>caribaea</i>	9.16	14.7	23.26	30	31.1	38	24.37

Apéndice 6. Longitud del brote lateral, expresado en centímetros de los *Pinus* en el *Pinetum* Cuautitlán Izcalli Edo. de México

Sección	Especies	Meses de medición						
		1995				1996		
	Meses de medición	Enero	Abril	Julio	Octubre	Enero	Abril	X
<i>Cembra</i>	<i>ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i>	6.16	9.5	19.3	27.66	38.33	57.66	26.43
	<i>ayacahuite</i> var. <i>brachyptera</i>	11.75	12.88	16.75	20.5	21.25	30	18.85
	<i>ayacahuite</i>	13.62	15.4	19.33	21.5	22	32.2	20.67
<i>Paracembra</i>	<i>cembroides</i>	9.7	8.14	15	20.6	20.9	25.4	20.67
	<i>cembroides</i> sub sp. <i>orizabensis</i>	12.5	13.87	14.75	15.55	16.30	20.5	15.57
	<i>discolor</i>	2.48	5.24	18.1	21.6	22.71	26.2	16.05
	<i>johannis</i>	7.82	11.46	15.5	20.6	21.9	27.2	17.41
	<i>lagunae</i>	2.48	4.44	7.75	9.6	11.7	21.3	9.54
	<i>culminicola</i>	2.1	2.83	3.56	3.75	3.98	4.91	3.52
	<i>pinceana</i>	7.75	9.22	11.22	13.01	15.52	22.75	13.24
	<i>maximartinezii</i>	3	9.46	25.9	28.4	29.2	38	22.32
	<i>leiophylla</i>	5.7	15.2	31	39.4	40.6	56.6	31.41
<i>Leiophyllae</i>	<i>lumholtzii</i>	13.8	18.3	28.2	32.5	35.6	48	24.4
<i>Ponderosae</i>	<i>jeffreyi</i>	9.9	15.4	20.9	23.2	25.1	37.4	21.98
<i>Montezumae</i>	<i>arizonica</i>	11.63	13.25	17.5	19	20	35.66	14.46
	<i>montezumae</i> var. <i>lindleyi</i>	19.5	27.8	38	45.6	49	77.4	42.88
	<i>hartwegii</i>	7.10	11.5	15.13	20.8	21.6	26.4	17.08
	<i>michoacana</i>	28.9	32.8	45	48.8	55.6	58	44.85
	<i>michoacana</i> var. <i>cornuta</i>	26.6	30.5	36.8	39.2	45	58	39.35
	<i>pseudostrobus</i>	32.20	38.4	63.6	66.8	68	105	62.33
<i>Pseudostrobus</i>	<i>pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i>	15.62	18.4	30.2	32.66	35.33	38.66	28.47
	<i>pseudostrobus</i> var. <i>coatepecensis</i>	21.33	39.25	59.3	73.75	82	123	66.43
	<i>oaxacana</i>	22.5	28.3	36.6	45.6	57.9	95.2	286.1
<i>Serotinae</i>	<i>radiata</i>	5.66	6.32	9.26	11.7	12.33	15.33	10.1
	<i>greggii</i>	18.3	30.5	48.38	66	75	89	54.53
	<i>patula</i>	15.9	21.3	39.2	49.5	55.4	89	54.13
	<i>oocarpa</i>	14.25	15.5	29.27	36	38.5	49	30.42
	<i>pringlei</i>	14.1	18.3	24.36	38	43.8	48	186.56
	<i>tecunumanii</i>	14.1	22.2	32.2	43	52.6	55.64	36.62
<i>Teocote</i>	<i>teocote</i>	14.1	14.7	22.24	29.9	38.5	48.6	28.00
<i>Caribaea</i>	<i>caribaea</i>	11.5	15.56	21.83	29.66	31.9	49.66	26.68

Apéndice 7. Número de verticilos promedio de los *Pinus* en el *Pinetum* Cuautitlán Izcalli Edo. de México.

Sección	Especies	Meses de medición						
		1995			1996			
	Meses de medición	Enero	Abril	Julio	Octubre	Enero	Abril	
<b>Cembra</b>	<i>ayacahuite</i> var <i>veitchii</i>	5.02	5.66	5.66	6.66	6.66	7.16	7.16
	<i>ayacahuite</i> var <i>brachyptera</i>	5	5.5	6	6	6	65	5.83
	<i>ayacahuite</i>	4.5	5	5	5	5	6.	5.16
<b>Paracembra</b>	<i>cembroides</i>	7.2	7.4	8.4	9.4	9.4	10	8.63
	<i>cembroides</i> sub sp. <i>orizabensis</i>	5	5	5.5	5.5	6	6.75	5.62
	<i>discolor</i>	5.2	5.2	5.6	5.6	5.6	6.4	5.6
	<i>johannis</i>	5	5	5.8	5.8	5.8	7	5.73
	<i>lagunae</i>	5.8	5.8	6.2	7.8	7.8	8.2	6.93
	<i>culminicola</i>	5.2	5.2	6.3	6.33	6.33	6.66	6.00
	<i>pinceana</i>	10	10	11.75	11.75	11.75	11.85	11.18
	<i>maximartinezii</i>	10	11	11	12	12	15.2	11.86
	<i>leiophylla</i>	9	10	11.4	12	13.6	13.6	11.6
<b>Leiophyllae</b>	<i>lumholtzii</i>	7.2	7.6	8.8	8.8	8.8	11	8.7
<b>Ponderosae</b>	<i>jeffreyi</i>	7.5	7.5	8	8.2	8.2	10.2	8.26
<b>Montezumae</b>	<i>arizonica</i>	4	4	4.5	4.5	4.5	5.33	4.47
	<i>montezumae</i> var. <i>lindleyi</i>	4.2	4.2	4.2	4.2	4.8	5.8	4.56
	<i>hartwegii</i>	6.6	6.6	6.8	6.8	6.8	7.4	6.83
	<i>michoacana</i>	3.6	3.6	3.9	3.9	3.9	4.2	3.85
	<i>michoacana</i> var. <i>cornuta</i>	4.2	4.2	4.2	4.4	4.4	5.28	4.44
	<i>pseudostrobus</i>	7.6	7.9	8.2	8.2	8.8	9	8.28
<b>Pseudostrobus</b>	<i>pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i>	3.75	4.5	4.66	4.66	4.66	5	4.53
	<i>pseudostrobus</i> var. <i>coatepecensis</i>	5.50	5.50	6.25	6.75	7.5	8	6.58
	<i>oaxacana</i>	7	7	7.2	7.4	8.6	8.6	7.63
<b>Serotinae</b>	<i>radiata</i>	5.33	5.33	5.38	5.53	5.53	6.63	5.62
	<i>greggii</i>	10.5	11.9	13.6	14.2	14.9	16.2	13.55
	<i>patula</i>	8.8	9.6	10.8	11.2	11.2	13	10.76
	<i>oocarpa</i>	8.5	8.5	10.5	10.75	10.75	11	10
	<i>pringlei</i>	5	5	5.6	6	6.6	6.6	5.8
	<i>tecunumanii</i>	12.2	12.2	12	12.8	14.4	14.8	13.06
<b>Teocote</b>	<i>teocote</i>	6	6.5	7	7.6	7.6	10.6	7.55
<b>Caribaea</b>	<i>caribaea</i>	3	3	4.2	4.66	4.66	4.66	4.03

## LITERATURA CITADA

- Arkin H. y R., R. Colton. 1977. Métodos estadísticos. 5<sup>a</sup> . ed. Continental. México, D. F. p: 51-83.
- Bello G., M. A. 1978. Estudio fenológico de cinco especies de *Pinus* en la región de Uruapan, Michoacán. INIF. Boletín Técnico No. 96. México. p. 22 - 36, 40 - 54.
- Bello G., M. A. 1988. Consideraciones metodológicas para estudios fenológicos en bosques templados de coníferas. Ciencia Forestal. 64 (13): 89-104. México.
- Campos D., J. L. 1993. Claves para la determinación de pinos mexicanos. Universidad Autónoma Chapingo. Dirección de Difusión Cultural. Chapingo, México. 70 p.
- Cedeño S., O. y A. Espinoza B. Observaciones fenológicas de 70 especies forestales en el CEF “El Tormento”, Campeche, INIF (inédito) 13 p.
- Chao L., L. 1982. Estadística para las ciencias administrativas. 2 ed. McGraw - Hill. México. 472 p.
- Convenio para el establecimiento, Protección, Mantenimiento, Investigación y Educación Ambiental del “ *Pinetum* “ Conmemorativo de la Expo Feria Internacional del Árbol. 1992. México. 5 p.
- Duchaufour P. 1984. Edafogénesis y Clasificación. Masson S.A. Barcelona España. p. 493.
- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de investigación de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de enseñanza Investigación y Servicio del Bosque. Chapingo, México. 622 p.
- Fournier L., A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba. 24 (4): 422-423. Costa Rica.
- Francoise M., P. 1982. Les forest de *pinus* cembroides au mexique. Estudios mesoamericanos II-5. Recherchesurles civilisations. París. p. 9-16, 34-46.
- García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México. 246 p.
- INEGI. 1988. Atlas nacional del medio físico. Escala. 1: 1000 000. Carta edafológica. México. p. 152-169.
- Jiménez, J. y H. Kramer. 1992. Dinámica del crecimiento de especies arbóreas en un rodal mixto incoetáneo, mediante la metodología de análisis troncal. UANL. Ciencias Forestales No. 31. Linares, N. L. México. p.

- Klepac, D. 1976. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 365 p.
- Lamb A., F. A. 1973. Fast growing timber tree of the low land tropics. *Pinus caribaea*. Unit of tropical silviculture. Department of Forestry Road Oxford. 1 (6): 82-86. Inglaterra.
- Lanner, M., R. 1966. The phenology and growth habits of pines in Hawaii. (PSW) U. S. Forest and Range. Experiment Station. Forest Service Department, of Agriculture. No. 29. California, U.S.A. p. 1 - 23.
- Lanner, M., R. 1986. Patrones de desarrollo de brotes en pinos y su relación con el crecimiento potencial. División de Ciencias Forestales No. 19. Chapingo, México. p. 7 - 25.
- Lieth, H. 1974. Phenology and seasonality and modeling. Analysis and synthesis. Ecological studies No. 8. Springer-Verlag. New York, U S A. p. 4.
- Little, R., J. 1980. A dictionary of botany. R. C. Eugene Jones. Van Nostrand reinhold. New York., U S A. 400 p.
- López, C., R. Et al. 1992. Establecimiento del Pinetum conmemorativo, a la expoferia internacional del árbol, Cuautitlán Izcalli, Probosque, SARH, México. 7 p.
- Martínez M. 1992. Los pinos mexicanos. 3 ed. Botas. México. 361 p.
- Mirov, N., T. 1967. The genus *Pinus*. The Ronald Press Company. New York, U S A. 557 p.
- Mejía G., M. 1990. Fenología, fundamentos y métodos. En Memorias de Seminario taller sobre investigaciones en semillas forestales tropicales. Bogotá, Colombia. Serie de documentación No. 18. p. 65-79.
- Moreno D., R. 1978. Clasificación de Ph, del suelo, contenido, sales y nutrientes asimilables. INIA – SARH, México. D.F.
- Niembro R., A. 1985. Germoplasma forestal. Serie de apoyo académico 7. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, México. 34 p.
- Niembro R., A. 1986. Mecanismos de reproducción sexual en pinos. Limusa. Chapingo, México. 119 p.
- Océano. 1997. Vocabulario Técnico – Científico. Céano. España. 490 p.
- Patiño V., F. 1973. Flowering, fruiting, cone collection and some aspects of seeds of the mexican pines. International Symposium on Seed Processing. International Union of Forest Research Organisations. Bergen, Norway. 2 (22): 19 p.

- Perry J. P. 1991. The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
- Prieto R., J. A. y A. Quiñones Ch. 1993. Observaciones fenológicas para la determinación del ciclo reproductivo en el género *Pinus*. S.A.R.H, INIFAP-CIRNOC. Campo experimental "Valle del Guadiana". Tema didáctico No. 2. Durango, Dgo. p. 4-28.
- Producción Forestal. 1998. Manuales para educación agropecuaria. N0. 54. 134 p. México.
- Quer, F., P. 1982. Diccionario de botánica. Labor. Barcelona. España.1244p.
- Quintero de A., R. y A. B. Villa S. 1991. Evaluación dasométrica fenológica y sanitaria del ahuejote, *Salix bonplandiana* HBK, en el área chinampera de Xochimilco. Ciencia Forestal. 16 (70): 24-39. México.
- Ramírez G., J. A. y F. Nepamuceno M. 1986. Fenología de tres especies de coníferas de la región de los "Altos de Chiapas". Ciencia Forestal. 11 (6): 21-50. México.
- Romeu, E. 1995. Pinos mexicanos. Subsecretaria Forestal y de Fauna Silvestre, S.A.R.H. Programa de fomento a la producción de resina de pino. (inédito) p. 1-6.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 431 p.
- Sarvas, R. 1962. Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*. Comm. Inst. Forest. Fenn. 53 (4): 15 - 30.
- Scheffler, C. W.1981. Bioestadística. Fondo Educativo Interamericano. México. p.14-18.
- Shaw, R. G. 1909. Los pinos de México. Comisión Forestal Técnica de Reforestación. No. 15. Michoacán, México. p. 13, 25, 28.
- Vela G. L. 1980. Contribución a la ecología de *Pinus patula*. S.A.R.H. Subsecretaria Forestal y de la Fauna. INIF. No. 19. México.109 p.
- Zavala Ch. 1987. Estudio de la primera etapa del desarrollo de conos femeninos de *Pinus cembroides* Zucc. II Simposio Nacional sobre pinos piñoneros. División de Ciencias Forestales. C.E.M.C.A. Chapingo, México. 622 p.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA**

**DASOMETRÍA Y FENOLOGÍA EN EL *Pinetum*  
"José Mariano Mociño Suárez Lozada"**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO**

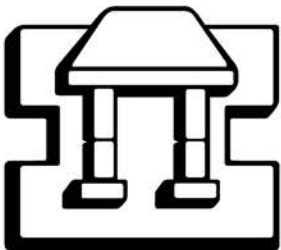
**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**B I Ó L O G O**

P R E S E N T A :

**MA. LOURDES MARTÍNEZ AYALA**



DIRECTOR DE TESIS: M.C. CELESTINO FLORES LÓPEZ

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MEXICO, SEPTIEMBRE DE 2006.



A MIS PADRES:

José Guadalupe Martínez García  
Carmen Ayala Fulgencio

Por su gran amor y apoyo en elegir el mejor camino.

En especial a ti Madre; que me has dado  
el amor y apoyo inigualables.

A MIS HERNANOS:

Por todo su apoyo y unión familiar.

A MI ESPOSO:

Marcos Gómez Vallejo

Por su amor y paciencia.

A MIS HIJAS:

Diana Nacori y Yazmin, por ser un estímulo más

de superación.

A MI ASESOR:

M.C. Celestino Flores López, mi más sincero agradecimiento, por su desinteresada ayuda y paciencia con que me oriento, para ver terminada la elaboración de esta tesis.

Mis respetos y mi reconocimiento para todos ustedes.

Y a todos los que han colaborado de alguna manera para la realización de esta tesis.

## CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iv
RESUMEN .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos .....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Descripción el género <i>Pinus</i> en México.....	3
<i>Pinetum</i> .....	10
Dasometría. ....	11
Fenología .....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Descripción del <i>Pinetum</i> .....	19
Localización .....	19
Clima .....	19
Suelo. ....	21
Vegetación. ....	22
Especies de pinos estudiadas. ....	23
Observaciones dasométricas .....	24
Diámetro .....	25
Altura .....	25
Longitud del brote apical del eje. ....	25
Longitud del brote lateral. ....	25
Número de verticilos .....	25
Observaciones fenológicas .....	25
Fase vegetativa .....	26
Fase de estróbilo masculino .....	27
Fase de estróbilo femenino .....	27
Análisis estadístico.....	28
Observaciones dasométricas .....	28
RESULTADOS.....	29
Observaciones dasométricas .....	29
Diámetro a 10 cm de altura .....	29
Diámetro a 1.3 m de altura .....	38
Crecimiento en altura .....	48
Longitud del brote apical del eje.....	56
Longitud del brote lateral .....	66
Número de verticilos .....	74
Observaciones fenológicas .....	79
Crecimiento vegetativo .....	79
Fase de estróbilo femenino y masculino .....	90
DISCUSIÓN .....	98
Observaciones dasométricas .....	98
Crecimiento en altura .....	98

Crecimiento en diámetro a 10 cm y a 1.3 m .....	98
Longitud del brote apical y lateral .....	99
Número de verticilos .....	100
Observaciones fenológicas.....	100
Análisis fenológico de la fase vegetativa .....	101
Análisis fenológico en estróbilos masculinos y femeninos.....	102
RECOMENDACIONES .....	104
LITERATURA CITADA .....	105
APÉNDICE.....	108

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro  
Página

1	Análisis de las dos muestras de suelo del <i>Pinetum</i> Cuautitlán Izcalli estado de México, realizado por el Departamento de Ingeniería Agrícola, FES Cuautitlán, Campo 4 .....	22
2	Especies en el <i>Pinetum</i> de Cuautitlán Izcalli, organizadas de acuerdo a la clasificación de Perry (1991) .....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Localización de Cuautitlán Izcalli, Estado de México .....	20
2 Localización del área <i>Pinetum</i> . .....	20
3 Temperatura y precipitación ocurrida durante el período de evaluación fenológica en la estación climatológica UNAM Campo 4. ....	21
4 Secciones de <i>Pinus</i> distribuidas en el <i>Pinetum</i> , agrupadas en subgéneros de maderas blandas y duras (Perry, 1991) .....	24
5 Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm, de los pinos de la Sección <i>Cembra</i> con la temperatura y la precipitación .....	29
6 Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm, de los pinos de la Sección <i>Paracembra</i> con la temperatura y la precipitación .....	30
7 Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm, de los pinos de la Sección <i>Leiophyllae</i> , <i>Ponderosae</i> y <i>Montezumae</i> con la temperatura y precipitación.....	33
8 Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm, de los pinos de la Sección <i>Pseudostrobus</i> con la temperatura y la precipitación .....	35
9 Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm, de los pinos de la Sección <i>Serotinae</i> , <i>Teocote</i> y <i>Caribaea</i> con la temperatura y la precipitación .....	36
10 Comparación de diámetro inicial a 10 cm y sus incrementos de las especies del <i>Pinetum</i> . .....	39
11 Comparación de crecimiento en diámetro a 1.3 m de los pinos en la Sección <i>Cembra</i> con la temperatura y la precipitación .....	40
12 Comparación de crecimiento en diámetro a 1.3 m de los pinos en la Sección <i>Paracembra</i> con la temperatura y la precipitación .....	41
13 Comparación del crecimiento en diámetro a 1.3 m en los pinos de la Sección <i>Leiophyllae</i> , <i>Ponderosae</i> y <i>Montezumae</i> con la temperatura y la precipitación.	42
14 Comparación del crecimiento en diámetro a 1.3 m de los pinos en la Sección <i>Pseudostrobus</i> con la temperatura y la precipitación .....	44
15 Comparación del crecimiento en diámetro a 1.3 m de los pinos en la Sección <i>Serotinae</i> , <i>Teocote</i> y <i>Caribaea</i> con la temperatura y la precipitación.	45
16 Comparación del diámetro inicial a 1.3 m y sus incrementos de las especies del <i>Pinetum</i> .....	47
17 Comparación del crecimiento en altura de los pinos de la Sección <i>Cembra</i> , con la temperatura y la precipitación .....	49
18 Comparación de crecimiento en altura de los pinos de la Sección <i>Paracembra</i> con la temperatura y precipitación. ....	50
19 Comparación de crecimiento en altura de los pinos de la Sección <i>Leiophyllae</i> , <i>Ponderosae</i> y <i>montezumae</i> con la temperatura y la precipitación.....	52
20 Comparación de crecimiento en altura de los pinos de la Sección <i>Pseudostrobus</i> con la temperatura y la precipitación .....	53
21 Comparación de crecimiento en altura de los Pinos de la Sección <i>Serotinae</i> , <i>Teocote</i> y <i>Caribaea</i> , con la temperatura y precipitación.....	55

22	Comparación de altura inicial con incrementos de las especies del <i>Pinetum</i> Cuautitlán Izcalli .....	57
23	Comparación del crecimiento del brote apical (cm) de los pinos de la Sección Cembra, con la temperatura y la precipitación .....	58
24	Comparación del crecimiento del brote apical (cm) de los pinos de la Sección Paracembra, con la temperatura y precipitación. ....	59
25	Comparación del crecimiento del brote apical (cm) de los pinos de la Sección Leiophyllae, Ponderosae y Montezumae, con la temperatura y precipitación. ....	61
26	Comparación del crecimiento del brote apical (cm) de los pinos de la Sección Pseudostrobus, con la temperatura y precipitación. ....	63
27	Comparación del crecimiento del brote apical (cm) de los pinos de la Sección Serotinae, Teocote y Caribaea, con la temperatura y la precipitación.....	65
28	Comparación del crecimiento del brote lateral (cm) de los pinos de la Sección Cembra, con la temperatura y la precipitación.....	67
29	Comparación del crecimiento del brote lateral (cm) de los pinos de la Sección Paracembra, con la temperatura y precipitación. ....	68
30	Comparación del crecimiento del brote lateral (cm) de los pinos de la Sección Leiophyllae, Ponderosae y Montezumae, con la temperatura y la precipitación. ....	69
31	Comparación del crecimiento del brote lateral (cm) de los pinos de la Sección Pseudostrobus, con la temperatura y precipitación.....	71
32	Comparación del crecimiento del brote lateral (cm) de los pinos de la Sección Serotinae, Teocote y Caribaea, con la temperatura y precipitación....	73
33	Comparación de incrementos del brote apical y lateral de las especies del <i>Pinetum</i> . ....	75
34	Número de verticilos producidos por las especies del <i>Pinetum</i> durante 1995..	79
35	Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección Cembra mostrando las fenofases durante un año.....	80
36	Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección Paracembra mostrando las fenofases durante un año.	81
37	Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección Paracembra mostrando las fenofases durante un año. .	81
38	Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en dos especies de pinos de la Sección Paracembra mostrando las fenofases durante un año.	82
39	Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección Leiophyllae y Ponderosae, mostrando las fenofases durante un año .....	83
40	Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección Montezumae mostrando las fenofases durante un año.	83
41	Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en dos especies de pinos de la Sección Pseudostrobus mostrando las fenofases durante un año. ....	84
42	Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en cuatro especies de pinos de la Sección Pseudostrobus mostrando las fenofases durante un año. ....	85
43	Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección Serotinae mostrando las fenofases durante un año.....	86

44	Calendario de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección Serotinae mostrando las fenofases durante un año. ....	86
45	<i>Pinus oocarpa</i> , estado vegetativo de yema, diciembre de 1996. ....	87
46	<i>Pinus oocarpa</i> , estado vegetativo con la elongación de yemas, diciembre de 1995. ....	87
47	<i>Pinus oocarpa</i> estado vegetativo, con la emisión de primordio foliar, enero de 1995. ....	88
48	<i>Pinus oocarpa</i> , fase vegetativa con el inicio del pleno recubrimiento foliar, enero de 1996. ....	88
49	<i>Pinus oocarpa</i> , estado vegetativo en pleno recubrimiento foliar, tornando al termino de desarrollo de hojas, abril de 1996. ....	89
50	Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en dos especies de pinos de la Sección Teocote y Caribaea mostrando las fenofases durante un año. ....	90
51	Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en <i>P. ayacahuite brachyptera</i> de la Sección Cembra. ....	91
52	Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en dos especies de pinos de la Sección Paracembra durante un año. ....	91
53	Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos, en dos especies de pinos de la Sección Paracembra y Montezumae durante un año... ..	92
54	Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en tres especies de pinos de la Sección Serotinae durante un año. ....	92
55	Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos, en dos especies de pinos de la Sección Ponderosae y Montezumae durante un año... ..	93
56	Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en tres especies de pinos de la Sección Pseudostrobus y Serotinae durante un año. ...	94
57	<i>Pinus oocarpa</i> , estado reproductivo con la emisión de conos femeninos, marzo de 1996. ....	94
58	<i>Pinus ayacahuite</i> , estado reproductivo con la emisión de conos masculinos, abril de 1996. ....	95
59	<i>Pinus hartwegii</i> , estado reproductivo con la maduración de conos masculinos, febrero de 1996. ....	96
60	<i>Pinus hartwegii</i> , estado reproductivo con liberación de polen, marzo de 1996. ....	96



## RESUMEN

El trabajo trata sobre la capacidad de adaptación de las diferentes especies del género *Pinus* en cuanto a clima y suelo prevalecientes en el lugar, que contribuye al conocimiento de la ocurrencia y periodicidad de eventos y fases de desarrollo, como son; la formación de hojas y emisión de estructuras reproductivas ya que trabajos sobre fenología de pinos en México son muy escasos. Por tal motivo se llevó a cabo la realización de un calendario fenológico, en cuanto a la emisión de estructuras reproductivas del género *Pinus*, para el sitio de estudio del *Pinetum* de Cuautitlán Izcalli estado de México.

En las especies estudiadas en el Municipio de Cuautitlán Izcalli lugar conocido como *Pinetum*, se midieron los parámetros de crecimiento vegetativo en las 25 especies de pinos, evaluación que se realizó con una escala porcentual practicada trimestralmente durante año cuatro meses, así como la dinámica en fenología para los eventos de emisión de estróbilos masculinos y femeninos.

La información que a continuación se describe es importante para los factores que influyen en la adaptabilidad de las especies y variación fenológica entre las mismas, así como su aplicación en actividades técnicas y científicas. De tal forma los calendarios fenológicos construyen en la base para una serie de programas de recolección de semillas, follaje, polen, yemas y muestras de herbario. Así como, dar apoyo a las prácticas de hibridaciones controladas y a las actividades en vivero. Reafirmar el uso de estas especies y contar con las reservas necesarias para que sean aprovechadas.

De lo obtenido, se observa que las especies más adaptadas en el área *Pinetum* según su desarrollo y parámetros de crecimiento, así como su relación con el clima y altitud son: *P. greggii*, *P. tecunumanii*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobus* y *P. pseudostrobus coatepecensis*. Se considera además, que las especies en estudio son jóvenes y la mayoría de ellas presentaron emisión de conos femeninos abortivos, excepto *P. greggii* y *P. jeffreyi* que mostraron la inclinación hacia la maduración de conos.

Con lo obtenido en el estudio y considerando que las especies se mantuvieron casi en condiciones naturales y con escaso riego, las especies que obtuvieron altos rendimientos en su crecimiento y adaptabilidad son, las recomendadas para ser utilizadas en las reforestaciones de la comunidad.

Cabe destacar que es preocupante la situación en el ámbito forestal la existencia de las diferentes especies de pinos ya que algunas de las especies mexicanas se encuentran en peligro de extinción como son; *P. culminicola*, *P. maximartinezii*, *P. pinceana*, *P. johannis*, *P. radiata* var. *binata* y *P. lagunae* entre otros. Por lo que es necesario salvaguardar los recursos naturales.

## INTRODUCCIÓN

Los pinos tienen su origen en el período jurásico de la era Mesozoica, el cual se ha dividido en varios grupos, siendo el género *Haploxylon* el que precede al subgénero *Diploxylon*, distribuidos ampliamente en el hemisferio norte (Mirov, 1967).

En México la forma típica de vegetación en las zonas templadas y frías corresponde a los bosques de coníferas y de latifoliadas localizadas en las montañas, aproximadamente 27.5 millones de hectáreas que producen más del 90% de la madera aprovechada en México, que corresponde al 93% del total a especies coníferas, principalmente *Pinus* (Jiménez y Kramer, 1992). También México es considerado como uno de los países del mundo que mayor diversidad de especies de *Pinus*. Con excepción de los estados de Tabasco, Campeche y Yucatán, que representan un 34 % de la superficie arbolada del país (Niembro, 1986; Romeo, 1995). De las 90 a 120 especies que existen en el mundo, el 50 % habitan en nuestro país (Perry, 1991).

Los investigadores nacionales y extranjeros descubren y clasifican cada vez nuevas especies, formas y variedades. Rzedowski (1978) reporta la existencia de 35 especies en México; Romeo (1995) y Patiño (1973) acepta 39 especies, 18 variedades y 9 formas de este género; y para Jiménez y Kramer (1992), en México se localizan 52 especies del género *Pinus*. Esta enorme riqueza de *Pinus*, se atribuye a la ubicación, gran variedad de suelos, climas y condiciones topográficas del país y al comportamiento ecológico de la especie. La mayoría son comunidades resistentes a heladas, a un largo período de sequía, frecuentes incendios, pastoreo y otros tipos de daños. Se establecen a menudo sobre suelos someros y rocosos, muchas veces pobres en nutrientes y minerales no limitado, sin embargo, a tales condiciones, que son capaces de invadir sitios más favorables y prosperar en ellos (Rzedowski, 1978).

La superficie poblada de pinos en México se calcula en cerca de diez millones de hectáreas, casi un tercio de la producción forestal. La existencia se estima en 285, 769, 555 de árboles, con un volumen de 429, 906, 449 metros cúbicos, con una posibilidad de explotación anual de 14, 330, 214 metros cúbicos. Por lo que la mayor producción forestal, por orden, corresponde a los estados de Michoacán, Durango, México, Jalisco y Chihuahua. Por lo que la gran variedad de especies, pone a México entre los países de mayor producción maderera (Martínez, 1992). En 1972 se explotaron en México 4' 577, 251 m<sup>3</sup> como materia prima para papel y celulosa. Otra parte del volumen explotado se utiliza en la construcción, elaboración de triplay, cajas, duelas, puentes de minas, durmientes de ferrocarril, etc. Las especies maderables más explotadas; *P. engelmannii*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, y *P. ayacahuite*. Con una explotación total en 1972, que fue de 521' 149 toneladas de resina de donde se obtienen 9' 770 toneladas de brea y 2' 140 toneladas de aguarrás; producción que se exporta con buen éxito al extranjero. Las especies más frecuentemente resinadas son: *Pinus oocarpa*, *P. teocote*, *P. michoacana*, *P. leiophylla*, *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*, existen también especies piñoneras como el *P. cembroides*, cuyas semillas comestibles son objeto de recolección y comercio siendo el estado de Nuevo León el principal proveedor de piñones de la República (Rzedowski, 1978).

Con lo mencionado, se pretende hacer notar la importancia que tiene la conservación de los bosques, su protección y aprovechamiento racional planificado, que puede ser posible a través de una educación y toma de conciencia sobre este recurso así como los beneficios que proporciona. Pero finalmente los resultados serán más fructíferos si se tiene un conocimiento lo mas completo posible sobre cada una de las especies, sus requerimientos físicos, biológicos y ciclo de vida. Un aspecto importante es, la adaptación de una especie a un determinado sitio, esto implica conocer el crecimiento vegetativo y reproductivo; así mismo, como influyen el clima, la temperatura, la humedad atmosférica, la precipitación y la luz, entre otros, en la capacidad de adaptación de cada especie, ante los cambios estacionales y morfológicos que se presentan de manera gradual en cada especie durante el año. Lo anterior, finalmente forma parte del objeto de la fenología, que es parte del presente estudio.

### **Objetivos**

1) Analizar la relación de los parámetros de crecimiento con los factores climáticos durante un año cuatro meses de las 25 especies del *Pinetum* Cuautitlán Izcalli estado de México.

2) Determinar las fechas en que se presentan las fenofases durante un año cuatro meses en 25 especies del *Pinetum* Cuautitlán Izcalli estado de México.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Descripción del género *Pinus* en México

Las especies del género *Pinus*, se caracterizan por ser especies monoicas, es decir, las estructuras reproductivas femeninas y masculinas se desarrollan en el mismo árbol, donde generalmente los estróbilos femeninos se encuentran en las ramas de la parte media y superior de la copa, mientras que los estróbilos masculinos se localizan en las ramas de la parte inferior de la copa aunque no es un patrón estricto (Mirov, 1967). Sin embargo la polinización es alógama o cruzada por lo que el polen del árbol es dispersado y llevado por medio del viento a los estróbilos femeninos de otro árbol (polinización anemófila).

La mayoría de las especies del género *Pinus*, que habitan los bosques templados - fríos de México, producen semilla de manera normal, entre los 10 y 20 años. La etapa más productiva de semilla se alcanza a la mitad del período de vida natural de los árboles y a partir de ahí empieza a declinar. Los factores que afectan la producción de semilla son: fisiológicos y climáticos, así como, la presencia de depredadores, plagas y enfermedades.

El género *Pinus*, se explota actualmente con fines de producción y otros se utilizan en la protección a otros recursos; como son la recuperación de suelos, mejoramiento del ambiente y recreación (Bello, 1978).

Las especies establecidas en el área como *Pinetum* proceden de diferentes lugares como son;

Una gran parte de las especies género *Pinus* en México esta representada en el *Pinetum* Cuautitlán Izcalli, en el estado de México, las cuales se describen a continuación (Perry, 1991).

#### Sección *Cembra*

- 1) *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw, de nombre común, pino blanco, pinabete, ocote. Presenta conos que miden de 15 a 45 cm de longitud, sub cilíndricos y curvados, se desarrollan en los estados de Michoacán, Jalisco, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Nuevo León, Sonora y Colima. Su hábitat esta marcado entre los 2, 000 y 3, 500 m. Sus hojas son muy similares a *P. ayacahuite*, es una especie susceptible a ambientes calientes y secos.
- 2) *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw, recibe el nombre común, de acalote, ocote, pino. Sus conos miden 45 cm de largo, son colgantes color amarillo marrón o castaño y cuando maduran son resinosos. Se distribuyen en el estado de Jalisco, Morelos, México, Guerrero, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Veracruz. Habita entre 2, 000 y 3, 000 m. Sus hojas son similares a las de *P. ayacahuite*. La longitud de los conos es de 20 a 45 cm, especie susceptible a ambientes calientes y áridos.
- 3) *Pinus ayacahuite* Ehrenb, recibe el nombre común, de pinabete y acalote. Es un árbol que mide de 35 a 40 m de altura y 2 m de diámetro. Sus hojas flexibles en grupos de 5 a 10, con 18 cm de longitud, superficie dorsal verde y márgenes cerrados. Sus conos miden de 10 a 40 cm de longitud y se distribuye en los estados de Chiapas, Guerrero,

Puebla y Tlaxcala. Habitan entre los 2, 000 y 3, 200 m. Especie que no se adapta en ambientes calientes y áridos, siendo el frío la mejor condición para su desarrollo. Sus conos miden de 10 a 40 cm de longitud. Sus hojas son escasamente flexibles en grupos de 5, miden de 10 a 18 cm de longitud, con una superficie dorsal verde brillante y la superficie ventral glauca, con márgenes cerrados muy pequeños.

Sección *Paracembra*

Subsección *Cembroides*

- 1) *Pinus cembroides* Zucc, de nombre común, piñón, piñonero y nut pine. Es un árbol usualmente pequeño de 5 a 10 m ocasionalmente 15 m de 30 a 60 cm de diámetro y forma piramidal. Sus conos son globosos y simétricos. Se distribuye en la Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Sierra Madre Oriental, Guanajuato, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. Habita entre los 1, 500 y 2, 800 m soportando una temperatura de 0 a 22° C. Sus hojas se encuentran en fascículos de 2 a 3 en su mayor parte de 3, frecuentemente curvadas de 3 a 7 cm de longitud y 1.2 a 1.6 mm de ancho, con márgenes lisos. Los conos están agrupados de 2 a 5, con pedúnculos muy pequeños, siendo globosos y simétricos, cuando abren de 3 a 4 cm de longitud y de 3 a 6 cm de ancho. Se utilizan en la dieta humana y reforestación de zonas áridas y semiáridas.
- 2) *Pinus cembroides* sub sp. *orizabensis* Bailey, de nombre común, pino orizaba y piñón, mide de 8 a 10 m de talla. Las hojas se encuentran fascículos de 3, ocasionalmente 4 raramente 2, con 2 a 4 cm de longitud. Sus conos se encuentran en grupos de 2 a 4 globosos y simétricos, cuando abren miden de 3 a 5 cm de longitud y 4 a 6 cm de ancho y al madurar son lustrosos. Se distribuye en Tlaxcala, Puebla y Veracruz. Habita entre los 2, 300 a 2, 600 m. en clima frío y húmedo.
- 3) *Pinus discolor* Bailey y Hawksworth, su nombre común, piñón y próximo a piñón. Mide de 5 a 10 m de altura, su diámetro oscila entre 10 a 50 cm. Presentan 3 hojas por fascículo ocasionalmente 4 y raramente 2, de 2 a 6 cm de longitud y de 1.3 a 1.6 mm de ancho, rectas, delgadas y flexibles, con márgenes enteros. Los conos se encuentran solos y en pares en pedúnculos de 4 a 8 mm de longitud simétricos y muy pequeños, de 2 a 3 cm de longitud y de 3 a 4 cm de ancho cuando abren. Se distribuyen en Sonora, Chihuahua, Durango y S. L. P. Habita entre los 1, 500 a 2, 400 m.
- 4) *Pinus johannis* M. F. Robert, su nombre común es piñón. Son árboles que miden 4 m y otros de 2 a 3 m. Con 3 fascículos ocasionalmente 2 raramente 4, de 3 a 5 cm de longitud y de 0.9 a 1.2 mm de gruesas flexibles, con márgenes enteros. Sus conos son oblongos y totalmente resinosos 4 cm de longitud y de 2 a 3 cm de ancho cuando abren. Se distribuyen en Zacatecas, Coahuila y N. León. Habitan entre los 2, 700 m con temperaturas de 16 °C.
- 5) *Pinus lagunae* M. F. Robert – Passini, de nombre común; nut pine, piñón y piñón laguna. Mide de 12 a 20 m de talla. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 2, en promedio 7 cm de longitud y flexibles. Sus conos son globosos y subglobosos de 4 cm de longitud y 6 cm de ancho cuando abren. Se distribuyen en

el estado de B. C. Sur. Habita a una altitud de 1, 200 - 2, 000 m (restringido). Con una humedad entre los 500 a 600 mm con una temperatura de 29 °C.

- 6) *Pinus culminicola* Andresen et Beaman, sus nombres comunes son, piñón potosí, piñón y piñón enano. Mide de 1 a 5 m de talla y 16 a 25 cm de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5, con superficie dorsal verde, con márgenes enteros, gruesas, rígidas y curvadas de 3 a 5 cm de longitud y 1.0 a 1.3 mm de ancho. Los conos son pequeños y globosos miden de 3 a 4 cm de longitud. Habitan en condiciones semiáridas. Se distribuye a 3, 500 m de altura en los estados de San Luis Potosí, Nuevo León y Coahuila.

#### Subsección *Pinceana*

- 1) *Pinus. Pinceana* Gord, su nombre común es, ocote, piñón y piñón lloroso. Su talla es de 4 a 10 m. Se distribuye de 1, 500 a 2, 300 m en zonas áridas y semiáridas. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 4, con márgenes enteros y delgadas de 6 a 14 cm de longitud, colgantes, verde grisáceos. Los conos son oblongo ovalados de 5 a 10 cm de longitud, colgantes y simétricos, con un color naranja brillante. Habita donde hay humedad de 300 a 400 mm (verano) a una temperatura de 18 °C. Se distribuye en los estados de Coahuila, S. L. Potosí y Zacatecas.
- 2) *Pinus maximartinezii* Rzedowski, su nombre común es, pino grande, pino y ocote. Su talla es de 5 a 10 m de 15 a 25 cm de diámetro. Sus hojas, se encuentran en fascículos de 5 delgadas y flexibles de 8 a 10 cm de longitud y de 0.3 a 0.6 mm de ancho. Los conos son simétricos muy largos y pesados de 18 a 22 cm de longitud y de 10 a 15 cm de ancho, cuando abren son resinosos color ocre amarillento. Su distribución es sólo mexicana en el estado de Zacatecas. Habita entre los 1, 900 y 2, 200 m de altitud.

#### Sección *Leiophyllae*

- 1) *Pinus leiophylla* Schl et Cham, de nombre común, ocote, pino y pino chino. Tiene una altura de 20 a 30 m ocasionalmente 35 m y 35 a 80 cm de diámetro. Presenta fascículos de 5 raramente 4 o 6, miden de 8 a 15 cm de longitud delgadas y flexibles pero no inclinadas. Sus conos maduran hasta el tercer año, simétricos, subglobosos o cónicos de 5 a 8 cm de longitud y se sostienen en grupos de 2, 3 y 4 abren gradualmente y persisten durante 2 a 3 años, después la semilla comienza a caer. Se distribuye en la Sierra Madre Occidental de Oaxaca, Coahuila, Sinaloa, Durango, Nayarit y Colima, Zacatecas, Jalisco, Michoacán, México, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Morelos y Veracruz. Habita entre los 2, 200 a 2, 800 m.
- 2) *Pinus lumholtzii* Rob.et Fern, sus nombres comunes son; pino triste, pino amarillo, ocote, pino llorón. Su talla oscila entre los 10 a 20 m, con diámetro de 25 a 50 cm. Sus hojas, frecuentemente se encuentran en fascículos de 3 muy raramente 2 o 4 agrupadas en ramas gruesas, flexibles y absolutamente colgantes de 15 a 30 cm de longitud, ocasionalmente 43 cm de color verde amarillento con márgenes finamente cerrados. Sus conos son cónicos semi - ovoides de 4 a 7 cm de longitud, simétricos, ligeramente color marrón, solitarios y maduran en dos años. Se distribuye en la Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Durango, Sinaloa y Sonora, Zacatecas, Nayarit,

Jalisco, Aguascalientes y Guanajuato. Habitan generalmente a 1, 600 a 2, 400 m de altitud.

#### Sección *Ponderosae*

- 1) *Pinus tecunumanii* Schwertfeger, Eguiluz et Perry, su nombre común es ocote. Mide de altura 50 m, con diámetro de 50 a 120 cm. Sus hojas son verde grisáceas, amarillentas de 3 a 5 por fascículo de 14 a 21 cm de longitud, flexibles, erectas e inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Sus conos, son generalmente solitarios y asimétricos, color amarillo grisáceos. Habita en el estado de Chiapas. Se distribuye entre los 1, 500 y 2, 600 m, con una humedad anual de 1, 200 a 2, 000 mm.
- 2) *Pinus jeffreyi* Murr, sus nombres comunes son; pino Jeffrey, pino negro, pino, pino amarillo del oeste. Mide de 40 a 50 m altura, con 1 m de diámetro. Sus hojas, se ubican en fascículos de 3 raramente 2 de color verde grisáceo y de 22 a 28 cm de longitud, con 1.1 mm de ancho, rígidas y erectas. Sus conos son ovoides, cónicos y simétricos de 13 a 17 cm de longitud. Se distribuye en Baja California Norte. Habita entre 1, 500 a 3, 000 m de altitud.

#### Sección *Montezumae*

##### Subsección *Montezumae*

- 1) *Pinus arizonica* Engelm, se conoce también como pino y pino amarillo. Es un árbol que mide entre 30 y 35 m. Sus hojas, se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 4 o 5, rígidas y erectas de 12 a 22 cm de longitud. Los conos son ovoides o cónicos, simétricos y erectos de 6 a 9 cm de longitud, cuando maduran se abren y pronto caducan. Se distribuye en la Sierra Madre Occidental, Noreste de Sonora, Sur de Coahuila, Sinaloa y Durango. Esta especie habita entre los 2, 000 y 2, 800 m con una humedad anual de 500 a 600 mm.
- 2) *Pinus montezumae* var. *lindleyi* Loud, sus nombres comunes son; ocote, pino y pino Lindley. Es un árbol por lo general de 30 m, con un diámetro de 50 a 70 cm. Sus hojas, se encuentran en fascículos de 5 son escasas y flexibles de 20 a 30 cm de longitud generalmente inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Los conos son semi - ovalados de 12 a 15 cm de longitud de color marrón claro y curvados en su mayor parte solitarios en pares, con un pedúnculo de 10 mm. Se distribuye en los estados de Jalisco, Michoacán, México, Hidalgo y Puebla, Veracruz, Morelos, Guerrero y Chiapas. Habita entre los 800 a 1, 000 mm y de 2, 000 a 3, 200 m de altitud.

##### Subsección *Rudis*

- 1) *Pinus hartwegii* Lindl, sus nombres comunes son; pino, ocote. Es un árbol de 20 a 30 m de altura y un diámetro de 1 m. Sus hojas generalmente se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 4 o 5, rígidas, flexibles y erectas de 8 a 16 cm de longitud ocasionalmente 5 a 8 cm. Sus conos son semi - ovoides algunos simétricos y curvados generalmente de 8 a 10 cm de longitud ocasionalmente 17 cm ( Colima). Se distribuye en los estados de N. León, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, Veracruz,

Morelos, Colima, Michoacán, Jalisco, Oaxaca y Chiapas. Habita entre los 3, 000 a los 3, 700 m.

#### Subsección *Michoacana*

- 1) *Pinus michoacana* Mart. , pino lacio o pino Michoacán. Es un árbol de 20 a 30 m de altura, con 1m de diámetro. Sus hojas, se encuentran en fascículos de 5 raramente 6 de 25 a 35 cm de longitud, gruesas, flexibles y ocasionalmente erectas algunas frecuentemente inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Sus conos oblongo - ovalados u oblongo - cilíndricos simétricos y otros curvados de 20 a 30 cm de longitud generalmente de 2 o 3 en un pedúnculo y maduran de diciembre a enero, son semi - persistentes después de que la semilla se desprende, se distribuye en los estados de Nayarit, Zacatecas, Jalisco, Colima y Michoacán, Hidalgo, México, Puebla, Morelos, Guanajuato, Tlaxcala, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Chiapas. Habita entre los 1, 500 y 2, 500 m.
- 2) *Pinus michoacana* var. *cornuta* Mart. , su nombre común es pino blanco, ocote escobeton, pino prieto. Es un árbol de 20 a 30 m y de 50 a 75 cm de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 raramente 6 de 25 a 30 cm de longitud, largas, flexibles inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Sus conos miden de 15 a 30 cm de longitud algunas veces de 20 cm, simétricos, curvados, ocasionalmente rectos color amarillo marrón y se sostienen en pares o en grupos de 3 o 4 en un pedúnculo corto. Se distribuyéndose en los estados de Nayarit, Zacatecas, Guanajuato, Jalisco y Colima, Michoacán, México, Hidalgo, Morelos, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Chiapas. Habita entre los 2, 500 y 3, 000 m.

#### Sección *Pseudostrobus*.

##### Subsección *Pseudostrobus*

- 1) *Pinus pseudostrobus* var. *lindleyi* Lindl, sus nombres comunes son; pino, pino blanco, ocote. Es un árbol de 30 a 40 m, ocasionalmente 45 m, con 1 m de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 escasamente flexibles e inclinadas de 20 a 25 cm de longitud, con márgenes finamente cerrados. Los conos son ovoides y semi ovoides ligeramente curvados y simétricos de 8 a 10 cm de longitud y 5.7 cm de ancho. Se distribuye en los estados de Jalisco, Michoacán, México, D. F. y Morelos, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Chiapas. Habita entre los 1, 600 y 3, 200 m o elevaciones de 2, 000 a 2, 400 m, con una humedad anual de 800 a 1, 500 mm.

##### Sección *Oaxacana*

- 1) *Pinus pseudostrobus* var. *apulcensis* Mart. , su nombre común es pino u ocote. Es un árbol que mide de 20 a 30 m de talla y 90 a 100 cm de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 raramente 6 y de 15 a 18 cm de longitud delgadas, flexibles e inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Sus conos son ovoides oblongo cónicos muy curvados y oblicuos de 12 a 15 cm de longitud, lustrosos color amarillo marrón y maduran en los meses de noviembre a diciembre. Se distribuye en los estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Veracruz y el Estado de México. Habita entre los 1, 800 y 2, 200 m de altura, con una humedad anual de 1, 000 mm.



- 2) *Pinus oaxacana* Mirov, su nombre común es ocote. Mide de 25 a 40 m, con 1 m de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 ocasionalmente 6, de 20 a 30 cm de longitud, inclinadas pero no colgantes, con márgenes finamente cerrados. Los conos son de 10 a 14 cm de longitud, largos y ovalados asimétricos, color amarillo castaño. Se distribuye en los estados de Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Habita entre los 1, 500 y 3, 200 m con una humedad anual de 1, 500 mm.
- 3) *Pinus pseudostrobus* var. *coatepecensis* Mart. , su nombre común es pino y ocote. Su talla es de 20 a 30 m y 1 m de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 ocasionalmente 6 de 20 a 30 cm de longitud, escasas e inclinadas, con márgenes finamente cerrados. Los conos son ovoides, largos y algunos simétricos de 6 a 9 cm de longitud y de 5 a 6 cm de ancho cuando abren y muy lustrosos. Se distribuye en los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas. Habita entre los 1, 600 y 2, 300 m con una humedad anual de 1, 500 mm.

#### Sección *Serotinae*

##### Subsección *Patula*

- 1) *Pinus radiata* var. *binata* Lemm, también se le conoce con el nombre de pino Monterrey o pino. Es un árbol de 10 a 25 m de talla y 40 a 50 cm de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 2 y 3 generalmente 2, color verde brillante, escasas y rectas de 8 a 15 cm de longitud. Sus conos son color marrón y muy lustrosos, asimétricos, oblongo ovoides y oblicuos de 8 a 10 cm de longitud en pares o grupos de 3 a 5 reflexos muy pequeños prácticame sésiles y cerrados durante varios años en las ramas. Se distribuye en los estados Baja California Norte y en la Isla Guadalupe. Habita entre los 300 a 1, 100 m y bajo una humedad de 300 mm anuales.
- 2) *Pinus greggii* Engelm, sus nombres comunes son; pino, pino prieto y ocote. Presenta una talla de 10 a 25 m. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 erectas, de 10 a 15 cm de longitud de color verde ligero y márgenes finamente cerrados. Sus conos, son cónico oblongos color amarillo marrón, ligeramente curvados de 10 a 14 cm de longitud, sésiles, tenaces y persistentes a las ramas. Se distribuye en los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Hidalgo, Veracruz y Puebla. Habita entre los 1, 300 a 3, 000 m con una humedad anual de 600 a 900 mm.
- 3) *Pinus patula* Schl. Et Cham, también se conoce como; pino, pino triste, ocote. Mide de 30 a 35 m de altura y 1 m de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 5 de 15 a 25 cm de longitud, colgantes, color verde, ligeramente amarillentas, con márgenes finamente cerrados los conos son cónicos alargados generalmente curvados y reflexos, de 7 a 10 cm de longitud, sésiles y extremadamente tenaces, con un color amarillo marrón, lustrosos. Los conos maduran durante noviembre a febrero y permanecen cerrados por años. Se distribuyen en los estados de Tamaulipas, Oaxaca, Nuevo León, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Distrito Federal, Tlaxcala y Chiapas. Habitan entre los 1, 500 a 3,100 m con una humedad de 1, 000 a 1, 500 mm anuales.

### Subsección *Oocarpa*

- 1) *Pinus oocarpa* Schiede, se conoce también como pino prieto, pino colorado y ocote chino. Es un árbol con una altura de 15 a 30 m ocasionalmente 35 y un diámetro de 50 a 70 cm. Sus hojas se encuentran en fascículos de 5 ocasionalmente 3 y 4 de 20 a 25 cm de longitud, largas, cortas, escasas y flexibles, con márgenes finamente cerrados. Los conos de esta especie son muy variables en forma y tamaño de 3 a 4 cm de longitud y maduran de noviembre a enero. Se distribuye en los estados de Sonora Coahuila, Sinaloa, Nayarit, Durango, Zacatecas, Jalisco, Michoacán, Morelos, Guerrero y Oaxaca. Habita entre los 500 y 1,000 m con una humedad anual de 1,000 a 1,500 mm, es una especie que se adapta fácilmente a cualquier ambiente de estrés.
- 2) *Pinus pringlei* Shaw, también se conoce con el nombre de pino rojo, pino y ocote. Es un árbol de 15 a 25 m de talla y 90 cm de diámetro. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 ocasionalmente 4 de 18 a 25 cm de longitud y de 1.0 a 1.5 mm de ancho, erectos de color verde ligero, con márgenes finamente cerrados. Sus conos son largos, ovoides y cónicos longitudinales de 5 a 8 cm de longitud, asimétricos y reflexos, con pedúnculo corto. Se distribuye en los estados de Oaxaca, Michoacán, Guerrero, México, Morelos y Puebla. Habita entre los 1,000 a 1,500 mm, con una temperatura de 20 a 25 °C y de 1,500 a 2,500 m de altitud.

### Sección *Teocote*

- 1) *Pinus teocote* Schl et Cham, también se conoce con los nombres de ocote, pino real, pino chino. Es un árbol con una talla de 8 a 25 m. Sus hojas se encuentran en fascículos de 3 raramente 4 y de 8 a 15 cm de longitud, con 1 mm de ancho y los márgenes finamente cerrados. Sus conos son pálido castaño ovoides y cónicos de 4 a 7 cm de longitud. Se distribuye en los estados de Chihuahua, Chiapas, Coahuila, Nuevo León, Hidalgo, México, Puebla y Tamaulipas. Habita entre los 1,000 y 3,000 m de altura, con una humedad anual de 600 a 900 mm y una temperatura de 23 a 26 °C.

### Sección *Caribaea*

- 1) *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Sénécl. Barr. Et Golf. . También se le conoce con el nombre de pino honduras *caribaea*, pino y ocote. Es un árbol que mide de 20 a 30 m con un diámetro de 50 a 80 cm. Sus hojas se encuentran generalmente en fascículos de 3 a 4 raramente de 2 a 5 usualmente erectas de 15 a 25 cm de longitud, color verde amarillento. Los conos son simétricos, cilíndricos, cónico ovoides y ocasionalmente oblicuos. Se distribuye exclusivamente en el Estado de Quintana Roo.

### *Pinetum*

Un *Pinetum* es considerado como una colección científica de pinos de un sitio o región para fines de aclimatación y muestra, es decir se trata de un conjunto de especies de pino que puede ser característico de una región geográfica, entidad ó país.

El *Pinetum*, motivo de estudio se estableció en el año de 1992, mediante un convenio de establecimiento, protección mantenimiento, investigación y educación ambiental, conmemorativo de la expo feria internacional del árbol de Cuautitlán Izcalli, México, con el propósito de concentrar especies de pinos mexicanos, cuyo modelo a seguir, fue el de llevar a cabo un estudio de las especies, que después fue tomado como modelo de reserva ecológica para el municipio.

Las reservas primarias de genes se encuentran amenazadas o en peligro de extinción, motivo por el cual, es necesario conservarlas, para que las generaciones futuras puedan disponer de ellas, con fines científicos, económicos recreativos y educativos (Niembro, 1985). Por otro lado los jardines botánicos y arboretos son áreas aisladas destinadas a la preservación y manejo de plantas, con fines científicos y educativos, sin embargo, una de las mayores desventajas que presentan este tipo de lugares es que las especies que los constituyen por regla general están representadas por uno o varios individuos muchas veces de la misma procedencia. Es decir, la variabilidad genética existente es muy limitada.

Por otro lado existen otros beneficios al establecer un *Pinetum*

- a) Tener los elementos más representativos de especies de pino de un área de interés especial de escala municipal, regional, estatal, nacional o mundial.
- b) Dar a conocer la diversidad natural del género *Pinus* de un área determinada, e incluso de especies introducidas o exóticas.
- c) Difundir los aspectos básicos de la biología de tales especies.
- d) Presentar los diferentes usos industriales, comerciales de artesanías o medicinales.
- e) Servir de apoyo a la formación escolar y cultural del estudiante y población en general.
- f) Ser un medio adicional de concientización y conocimiento ecológico, para que la población respete y fomente la creación de áreas arboladas, útiles a la economía y recreación.

Esta área, ha tenido poco manejo en cuanto a mantenimiento para las especies, iniciando por el riego que practicante ha sido esporádico, sin realización de podas, así como tampoco la aplicación de insecticidas, que controlen las plagas en el lugar, mismo que ha afectado en parte a algunas especies como han sido *P. radiata*, *P. oaxacana* y *P. ayacahuite* entre otras. De hecho el riego para las especies ha sido más abundante para las especies como son, *P. oocarpa*, *P. greggii*, *P. tecumumanii*, y *P. patula*, que son las especies que se encuentran cerca de la toma de agua y son las que tuvieron mayor riego. Por lo tanto los parámetros pueden ser influenciados por el riego y adaptabilidad de cada especie en el lugar, por causa de este último factor.

## Dasometría

La dasometría es una rama de la dasonomía que se encarga de la medida de los árboles. En la investigación forestal se emplea para juzgar el desarrollo de árboles o especies bajo distintas condiciones, comparando el crecimiento y la forma bajo distintas condiciones, influenciado por la calidad del suelo y el microclima (Producción Forestal, 1998).

### Desarrollo e incremento del árbol en altura

El crecimiento en altura se manifiesta en primavera, generalmente comienza con una gran intensidad, que dura de dos a tres semanas posteriormente decrece gradualmente y en algunas especies se interrumpe, en otras se presenta sin esa interrupción hasta septiembre u octubre. La variación en el crecimiento en altura en árboles individuales, se debe probablemente a su diferente reacción al foto período (Klepac, 1976).

Las especies pueden exhibir diferentes ritmos de crecimiento ya que el aumento total depende de varios factores como; el genotipo, calidad de estación, ambiente, calidad de suelo, con un crecimiento característico menos influenciado por el ambiente en altura, que en el diámetro. La culminación del incremento en altura ocurre más pronto en brotes de cepa, que en árboles provenientes de semilla. Sin embargo, el ritmo de incremento en brotes de cepa comienza a descender mas pronto y disminuye de manera más rápida que los provenientes de semilla. Para ello, el incremento en altura, es de gran importancia la calidad de reservas materiales que acumula el árbol durante el último año. Por lo que, el factor genético individual es el más importante.

### Desarrollo e incremento del árbol en diámetro

El incremento anual en diámetro depende también de la cantidad de reservas materiales acumuladas por el árbol durante el año, pero depende más del ambiente, que el crecimiento en altura, dentro de ciertos límites. Con ello, el incremento en diámetro es mayor cuando hay más espacio y más luz (incremento condicionado por el espacio libre debido al aumento de la luz). Esto es característico del crecimiento en altura, cuando es menos influenciado por el ambiente que en diámetro (Klepac, 1976).

## Fenología

La fenología es la ciencia que estudia la presencia temporal de los eventos biológicos y su relación en el tiempo con los factores bióticos y abióticos. Reviste un carácter rítmico y periódico (tanto en plantas como en animales) y su relación con los cambios climáticos dentro del ciclo de vida de estos organismos. Por lo tanto, la fenología tiene que ver con la emisión de estructuras reproductivas, fructificación, maduración de semillas y dispersión, rompimiento de latencia, inicio y desarrollo del crecimiento vegetativo de tallos y raíces, en cuyo ritmo son determinantes los factores climáticos (Cedeño y Espinoza, inédito; Lieth, 1974; Ramírez y Nepamuceno 1986). Constituye además un conocimiento básico alrededor de una especie, en general, donde el ciclo vegetativo compite con el ciclo reproductivo durante la sucesión de las diversas fenofases. La fenología es de tal forma la aproximación a la descripción de las respuestas exteriores de las plantas a los estímulos ambientales, en particular climáticos (Mejía,

1990) . Por lo que el proceso fenológico se fundamenta en las variaciones fisiológicas y sus relaciones e interacciones con el medio ambiente biótico y abiótico (Bello, 1988).

La importancia del conocimiento fenológico de las especies vegetales, se ha reconocido gradualmente a través del tiempo ya que permite identificar los fenómenos de emisión de estructuras reproductivas, germinación y dispersión de las semillas, así como, el estado vegetativo y brote de yemas, con la perspectiva de lograr un mejor manejo y conservación. La fenología genera información sobre las variaciones que ocurren en las plantas, para entender las respuestas de estas, a las condiciones climáticas y dinámica de las comunidades vegetales. Los estudios fenológicos permiten prever diversos aspectos orientados hacia un mejor aprovechamiento de los recursos forestales, tales como, la recolección de semillas y material vegetativo para su propagación (Bello, 1988). Por lo que es preciso realizar una serie de observaciones fenológicas durante varios ciclos, lo cual, permite elaborar un calendario de fases para el mejoramiento de masas forestales (Bello, 1978). El conocimiento de la fenología de las especies del género *Pinus* permite planear las colectas de semillas que requieren los programas de producción de planta en vivero, lo cual es necesario para el establecimiento de plantaciones forestales (Prieto y Quiñónez, 1993).

Es importante recalcar que el período de la emisión de estructuras reproductivas, puede variar algunas veces de un año a otro y de una a otra localidad debida principalmente a las variaciones en el ambiente. La mayoría de las especies de clima templado emiten sus estructuras reproductivas una vez al año, pero algunas especies tropicales pueden hacerlo varias veces en ese mismo período.

El período y duración de los eventos fenológicos están relacionados directamente con la época del año y condiciones climáticas que prevalezcan (Prieto y Quiñónez, 1993). El estudio fenológico de pinos en México es escaso, por lo que el presente puede ser de gran ayuda para la continuación en la investigación del género *Pinus*. El comportamiento fenológico de la emisión de estructuras reproductivas, que se ve influenciado tanto por el microclima prevaleciente con los individuos, como por el macro clima, lo que da como resultado que año con año haya uniformidad en la expresión de los eventos, pero conforme avanza la época a nivel de estadio fenológico permanece una enorme variabilidad entre los individuos. Por lo que entre rodales o poblaciones es más factible encontrar diferencias fenológicas (Ramírez y Nepomuceno, 1986).

En general las especies de pinos tienen una capacidad limitada para persistir indefinidamente, producen abundantes semillas solo cuando son desplazadas por competencia con otras especies, correlacionadas positivamente con la producción de semillas y el desarrollo vigoroso de la copa. Por lo que, el ambiente físico restringe el crecimiento, especialmente por imposición de barreras climáticas. Las heladas y sequías son las principales barreras que actúan como presión selectiva para las plantas, desarrollando diversas estrategias de desarrollo de brotes. Por otro lado, las condiciones moderadas favorecen el crecimiento libre junto con la ausencia de estructura de reposo. Por lo que el crecimiento libre es reemplazado por uno fijo. Así la diversidad de las especies esta sujeto a las condiciones ambientales (Lanner, 1986).

#### Tipos de fases fenológicas

Caracterización de eventos y estadios fenológicos del ciclo reproductivo y del crecimiento vegetativo, según la clasificación de Fournier (1974).

#### Estróbilos masculinos

- a) juvenil; emisión de estructuras reproductivas apenas distinguibles, o ya distinguibles regularmente en la parte inferior de la copa.
- b) En desarrollo; elongación de estructuras reproductivas, se caracteriza por su coloración intensa y por romper el pergamino protector.
- c) Maduro; estróbilos totalmente conformados, de coloración indicativa de maduración.
- d) Senil; cuando inicia la liberación de polen, o incluso que lo han liberado totalmente, con coloración indicativa de pérdida de humedad.

#### Estróbilos femeninos

- a) Juvenil; emisión de estructuras reproductivas imperfectamente distinguibles, o incluso no distinguibles ( incluidas dentro o fuera de la ramilla de crecimiento ).
- b) En desarrollo; estróbilos que emergen de la ramilla por medio del crecimiento al pedúnculo.
- c) Maduros; es cuando la estructuras reproductivas están bien desarrollada, con las escamas parcial o totalmente receptivas (abiertas).
- d) Senil; cuando las estructuras reproductivas han cerrado totalmente las escamas, incluso se distinguen como conillos diminutos.

#### Fructificación

- a) Juvenil; los conillos bien formados han crecido un poco, para permanecer durante un tiempo en estado “ latente”
- b) En desarrollo; los conillos en elongación han efectuado la fecundación. Se realiza la formación de la apófisis de las escamas.
- c) Madura; los conos totalmente desarrollados tienen su ápice totalmente formado, coloración generalmente verde.
- d) Senil; cuando los conos presentan dispersión parcial o total de la semilla.

#### Crecimiento vegetativo

- a) Juvenil; cuando las yemas están en latencia y presentan catáfilos.
- b) En desarrollo; yemas que han roto su latencia y presentan elongación inicial.

c) Maduro; yemas totalmente elongadas, con acículas parcial o totalmente crecidas, de coloración más tenue que las hojas verdes.

d) Senil; yemas que han finalizado su crecimiento, presentan la formación de catáfilos y sus acículas son de igual coloración que las viejas.

#### Fenología de *Pinus* en México

Las observaciones y calendarios fenológicos (en los que las estaciones del año no son marcadas por fechas de calendario, sino como un grupo de eventos fenológicos), fueron usados en la agricultura hace aproximadamente 1, 000 años en China y Roma. El término fue propuesto a mediados del siglo XIX por el botánico belga Charles Morren (1859-1860). Sin embargo, se reconoce como padre de la fenología moderna y de trabajos sobre observaciones fenológicas al botánico sueco Carolus Linnaeus, quien estableció métodos correctos para la ordenación de las observaciones anuales, en el cual se cita la época del brote vegetativo, floración, fructificación y caída de hojas. La fenología tuvo un rápido auge, por ser un importante instrumento en los planteamientos agrícolas y económicos empezando, con la elaboración de calendarios en emisión de estructuras reproductivas y fructificación, reconocida también como un buen instrumento en agro meteorología (Bello, 1978).

En la mayoría de los casos los estudios fenológicos descriptivos se han basado en características morfológicas o de comportamiento, las cuales son fáciles de observar en la naturaleza. Así como, las observaciones fenológicas clásicas fueron únicamente cualitativas y recientemente cuantitativas denominado a este último como, el concepto de análisis de crecimiento.

Shaw (1909) señala que *P. pringlei* emite sus estructuras reproductivas en noviembre o a principios de diciembre, más pronto que *P. oocarpa* y *P. greggii* al concluir la primera estación. *P. leiophylla* presenta fructificación trianual, como lo señala Perry (1991).

Martínez (1948) menciona que para *P. chihuahuana*, *P. leiophylla*, y a veces en *P. teocote*, presenta yemas adventicias en el tronco y ramas primarias, que dan origen a las ramillas que se observan en estos pinos.

Sarvas (1962) realizó un estudio climatológico de emisión de estructuras reproductivas en árboles, donde las condiciones climáticas son un factor determinante en la variación de la floración y su abundancia, así como, el proceso de emisión de conos durante el año. Este autor establece, que la emisión de conos es precedida por lluvia de verano, más abundante que aquella precedida por frío de invierno, siendo para la primera una mejora para su producción y la segunda problemática para la emisión de estructuras reproductivas dividiendo el factor climático en tres grupos:

- a) Efecto del factor climático en la emisión de conos, desarrollo y maduración.
- b) El papel del clima, como factor en el inicio de la formación de estróbilos, con la maduración de estróbilos y conos.
- c) El efecto del clima, como factor en el proceso de la formación de estróbilos floración del mismo.

Los estudios anteriormente señalados se describen en secuencia según la fase de crecimiento, comenzando por la fase vegetativa y posteriormente la reproductiva. Finalmente los factores naturales que influyen en el desarrollo de algunas especies de pinos han sido descritas como base para la realización del estudio.

Lanner (1966), realizó observaciones sobre la fenología y estudio de desarrollo de los pinos introducidos en Hawaii, destaca que las especies introducidas en esa región, que es un hábitat no natural, frecuentemente se desarrollan y crecen. En el ciclo estacional del crecimiento y la emisión de estróbilos, influyen las condiciones climáticas prevalecientes, tratando de definir a través del estudio el comportamiento no usual entre algunas especies en términos de la interacción entre ellas y su nuevo ambiente. Adicionalmente señala que la ocurrencia de la fase de yemas reproductivas para algunas especies introducidas como; *P. patula*, *P. ayacahuite*, *P. leiophylla* y *P. montezumae*, se presenta entre los meses de diciembre a mayo.

La emisión de estructuras reproductivas, para las especies nativas de México se presenta en los meses de enero a abril y la maduración de conos de octubre a febrero. Para *P. arizonica* de marzo a abril (Coyoacán, D. F.), para *P. ayacahuite* en mayo (Tlaxcala, D. F. Guerrero), en tanto que para *P. ayacahuite veitchii*, es de abril a mayo (D. F. Puebla, Michoacán), en *P. cembroides* de marzo a abril (D. F. Puebla), para *P. greggii* de enero a marzo (Hidalgo, Querétaro, D. F.), *P. hartwegii* de marzo a abril (México, Puebla), en *P. leiophylla* de febrero a abril (Michoacán, Morelos, Puebla) y para *P. michoacana* de febrero a marzo (Michoacán y Oaxaca), para *P. oocarpa* de noviembre a febrero (Chiapas, Oaxaca, Michoacán y Jalisco), *P. patula* de enero a abril (Veracruz, Michoacán, Hidalgo, Querétaro, Tamaulipas, Puebla), *P. pringlei*, en febrero (Oaxaca y México) y *P. teocote* de febrero a abril (Michoacán, Puebla, Oaxaca, D. F. Hidalgo, Querétaro), indica además que *P. greggii* tienen un período juvenil (inicio de reproducción) relativamente corto de dos a tres años al igual que *P. ayacahuite* y *P. patula* tarda de 10 a 15 años para iniciar su reproducción (Patiño, 1973).

En el estudio fenológico de *P. caribaea* variedad *hondurensis* con respecto la emisión de estróbilos, indica que el patrón de crecimiento predominante, es la presencia de conos femeninos en la copa del árbol, en tanto que los masculinos son menos numerosos y ubicados en las ramas laterales del árbol con emisión de brotes en julio y la de los femeninos un poco antes. La floración de *P. caribaea* variedad *hondurensis* puede ocurrir en muchos lugares desde un invierno seco, hasta los lugares más calientes y de tierras bajas. El tiempo de producción de estructuras reproductivas se lleva al cabo de muchas semanas. Los conos femeninos de *P. caribaea*, en el hemisferio norte son receptivos en el mes de junio y en Honduras son entre diciembre y marzo. El lapso de tiempo entre la receptividad, brotación de yemas reproductivas floración y maduración de conos, es aproximadamente de 18 a 21 semanas. En tanto que el mes de maduración va de acuerdo a la localidad, que puede ser en junio en Nicaragua y Honduras. En Guatemala en julio y en Cuba en junio y julio. En las Bahamas en el mes de agosto (Lamb, 1973).

Bello (1978) describe los efectos producidos por el foto período en el crecimiento vegetativo de *P. patula* y de *P. montezumae*. Concluye que el crecimiento en altura para las dos especies de pino fue altamente significativo en el tratamiento de 24 horas de luz. Siguen en importancia los tratamientos de 16 a 14 horas, el menor crecimiento en altura registrado en los tratamientos de 10, 8 y 6 horas de iluminación. De estas observaciones pudo concluir que la duración del día (horas luz) es, un factor primordial en la determinación del inicio y culminación del crecimiento en las yemas. En cuanto a fenología señala que *P. radiata* var.



*binata*, desprende polen en marzo en su ambiente natural. En cuanto al inicio del estado vegetativo señala que para *P. pringlei*, es en noviembre, *P. oocarpa* en junio y *P. michoacana* en abril. Señala además que *P. oocarpa*, presenta su período reproductivo en enero, febrero y marzo y para *P. michoacana* en marzo, para la emisión de estructuras reproductivas masculinas. Y para la emisión de estructuras reproductivas femeninas en mayo, junio y mediados de primavera para *P. michoacana*.

Vela (1980) reporta que la emisión de estructuras reproductivas de *P. patula*, es variable entre la aparición de conos masculinos y los femeninos a fines de febrero y principios de marzo los conos masculinos empiezan a desarrollarse y alcanzan su madurez a mediados del mismo mes, fecha en que el polen queda en libertad, de esta forma se observa polinización entre el 15 y 25 de marzo, periodo que coincide con las observaciones hechas por algunos investigadores en varias localidades del país. Una vez efectuada la polinización los conos masculinos se secan y caen, mientras los femeninos permanecen en el árbol sin aumentar el tamaño hasta la primavera del siguiente año, cuando después de realizada la fecundación comienzan a crecer. Además señala que la fructificación, en *P. patula* es en los meses de marzo y abril, cuando se aprecia el desarrollo de conos, mismo que se continua durante la primavera y el verano, de tal manera que en el otoño la semilla madura y esta lista para su recolección. En su estudio fenológico en *P. patula*, indica que es una especie de crecimiento binodal formando dos internudos durante el año y crecimiento uninodal en los árboles viejos. A fines del invierno las hojas del primer internudo brotan alcanzando su madurez durante la primavera. En mayo se inicia la formación del segundo internudo con la consiguiente aparición de nuevas hojas, que maduran entre junio y julio, tiempo en que caen las que aparecieron a principios del año.

Lanner (1986) realizó un estudio de los patrones de crecimiento en una sección de pinos piñoneros y *P. caribaea*. En *P. caribaea* el patrón se caracteriza por un ciclo de crecimiento anual, que incluye la iniciación y elongación traslapadas por varias yemas temporales sin una estación de crecimiento definido o período de reposo. Para piñoneros el patrón de crecimiento se caracteriza por la adición de un brote pequeño al brote de primavera. En los piñoneros el patrón esta limitado a los brotes vigorosos y es muy común en brotes portadores de conos femeninos. Además señala que el crecimiento de los brotes de pino, suelen representarse como la elongación de una yema durante la primavera, producida en el verano del año anterior, específicamente en México. La longitud potencial de un brote de primavera, es determinado durante el verano anterior mediante el número de unidades del tallo, presentes en la yema de invierno. Por lo tanto, es necesario conocer cuándo es el momento crítico de la formación de las unidades del tallo. De esta manera, es posible manipular los procesos de formación de la yema, para lograr mayores rendimientos. Para evaluar la influencia de los factores ambientales en el crecimiento en altura, los cuales deben ser considerados en el período crítico de la formación de las yemas, necesario para especies individuales.

Ramírez y Nepamuceno (1986) realizaron un estudio fenológico con tres especies de coníferas en la región de los "Altos de Chiapas", las especies en estudio fueron seleccionadas de acuerdo a su carácter dominante, por su aspecto morfológico y sanitario. En cada una de las localidades eligieron 10 árboles, con una distancia mínima entre sí de 200 metros. Para lo cual utilizaron una metodología porcentual evaluando cada árbol de manera individual.

Durante todo el ciclo biológico se estuvo observando el ciclo reproductivo, que incluye desde la brotación de yemas reproductiva, polinización y la dispersión de la semilla producida, además el crecimiento de las yemas vegetativas. Los datos presentados corresponden a períodos

mensuales y quincenales. Para *P. montezumae*, lograron hacer cuatro observaciones en dos meses en la época en que emergen las yemas reproductivas. En *P. ayacahuite*, se realizaron en dos meses, con la variabilidad de estructuras reproductivas, que se interpreta como una estrategia de especies, para mantener una adecuada polinización cruzada, que implica a su vez un aumento de la heterosigocis y de la variabilidad genética. De tal manera, el comportamiento fenológico de las estructuras reproductivas, se ve influenciado tanto por el microclima prevaleciente con los individuos, como por el macro clima lo que da como resultado que año con año haya uniformidad en la expresión de los eventos, pero conforme avanza la época a nivel de estadio fenológico, permanece una variabilidad entre los individuos.

Para *P. montezumae*, las estructuras reproductivas masculinas se presentan en marzo y en el siguiente mes la mayor parte están completamente maduros, con la mayor intensidad de estadio de estróbilos maduros, en la segunda quincena de abril y los estróbilos femeninos en mayo. En abril, la mayoría de las yemas femeninas se encuentran en desarrollo y el estadio completamente maduro alcanza su máxima expresión en la segunda quincena de mayo. El evento de fructificación, se presenta en los meses de junio a septiembre del mismo año y de octubre a enero la dispersión de la semilla. De acuerdo a los valores obtenidos en las mediciones de la fase vegetativa, señala que los estadios de latencia se enmarcan en los meses de septiembre a febrero. Por lo que los períodos reproductivos quedan enmarcados en los meses de abril a mayo.

En la dinámica de los eventos fenológicos de *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*, indican que las yemas de estróbilos masculinos se manifiesta en febrero y con mayor intensidad de marzo a abril, cuando la mayor cantidad de estróbilos masculinos maduros. La emisión de estróbilos femeninos, se inicia también en febrero, con desarrollo lento y mayor intensidad de estróbilos maduros de marzo a abril. Así la evaluación de estadios de la fructificación en el estudio de dispersión de semilla, se realiza entre noviembre y enero. Mostrando crecimiento vegetativo de octubre a diciembre, con crecimiento de yemas y acículas de enero a septiembre.

Para *P. ayacahuite*, el inicio y termino de la fase reproductiva, se da en mayo de un año a otro. En el mes de abril, inicia la emergencia de primordios foliares, cuando sus ramillas están totalmente elongadas, con la emisión de estróbilos masculinos que surgen en abril y emisión de estróbilos femeninos, con mayor intensidad en la primera quincena del mes de mayo. Además, señala que cada especie mantiene sus conos juveniles durante la época de lluvias y se desarrollan al efectuarse la fecundación y haber terminado la época invernal como en *P. montezumae* y *P. ayacahuite*, pero no en *P. pseudostrobus* var. *oaxacana* ya que su fecundación la realiza antes de la etapa invernal.

Zavala (1987), en su estudio de *P. cembroides* en la primera etapa del desarrollo de conos femeninos señala que el brote anual se compone de un brote de primavera y uno de verano, ambos constituyen el 90 % y 10 % respectivamente del brote anual, el de primavera se inicia en abril y alcanza su mayor longitud en julio. El brote de verano se inicia en abril, su longitud y crecimiento no difieren con la exposición, las acículas de ambos brotes difieren en fechas de iniciación y crecimiento, pero son mas tempranas y de mayor longitud las de primavera, con la iniciación de primordios de conos femeninos de septiembre a finales de octubre en 1985 y un mes mas temprana en 1986.

Bello (1988) realizó un estudio tomando en cuenta condiciones metodológicas para estudios fenológicos en bosques templados de coníferas para lo cual, baso su metodología en aspectos ecológicos y aspectos fenológicos. Los aspectos ecológicos están enfocados

básicamente a la selección y condiciones del sitio, selección, número de individuos, levantamiento topográfico para el cálculo de la superficie del sitio en estudio y determinar la equidistancia entre árbol y árbol mediante el análisis de vegetación, suelo y observaciones meteorológicas. Los aspectos fenológicos los divide en la forma del registro, que es la forma especial para el registro de los datos fenológicos. Dada la duración de dos años del ciclo reproductor de las coníferas, es conveniente que se realicen observaciones durante estos ciclos, con períodos de observación mensual. Sin embargo, señala que existen ligeras variaciones en tiempo y duración de las fases fenológicas entre los árboles, sobre todo en el período de la floración y fructificación, para lo cual sugiere observaciones quincenales.

*P. cembroides* desprende el polen en el lapso de cuatro a seis semanas, más rápido que *P. discolor*. En *P. oaxacana* la floración es en febrero y en *P. lagunae* se presentan estructuras reproductivas y polinización a mediados de mayo y junio. Indica, que después de la emisión de estructuras reproductivas, los conos maduran de finales de agosto a principios de septiembre (Perry, 1991).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del *Pinetum*

En el *Pinetum* las 25 especies de pinos motivo de estudio se encuentran divididas en 8 secciones, mismas que están distribuidas en grupos de cinco árboles por especie. Algunas parcelas cuentan con tres o menos árboles, las cuales de igual manera fueron consideradas en este estudio. Los árboles fueron distribuidos en cuadrados con cinco metros de distancia entre ellos y uno al centro del cuadrado, método de siembra conocido como; “cinco de oros”. Todos los pinos fueron especies plantadas en el año de 1992, algunos pinos fueron producidos en vivero y otros extraídos con cepellón de su hábitat natural. Para lo cual se tomo en cuenta el buen desarrollo aéreo y radicular, que estuviera libre de plagas y enfermedades y de una talla mínima de 1 a 1.5 metros de altura. Las diferentes especies de pinos, fueron donadas por el Centro de Genética Forestal A. C., Probosque. S.A.R.H. de Jalisco, Baja California Norte, Hidalgo, Oaxaca, Zacatecas, Michoacán y Chihuahua. La creación y establecimiento del mismo fue a través de un convenio entre Probosque, el H. Ayuntamiento de Cuautitlán Izcalli y la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, con el objeto de asegurar la protección y conservación del *Pinetum*, así como para el desarrollo de investigaciones varias sobre temas de desarrollo tecnológico, adaptación, fructificación, entre otros,, así como para el desarrollo de visitas escolares y población en general. López et al (1992).

### Localización

El área donde se encuentra el *Pinetum* esta ubicada en la rivera Noreste del lago “Espejo de los Lirios”, en la colonia la Perla del municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, entre la Avenida Constitución y las Avenidas Izcalli y Nopaltepec. Cuenta con una superficie de 7,310 m<sup>2</sup>, sus coordenadas son: 19° 40' Latitud Norte y 99° 11' Longitud Oeste y una altitud de 2,300 m.s.n.m. (Figura 1 y 2).

### Clima

Los datos climatológicos que aquí se aportan corresponden a los registrados en la estación climatológica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4 UNAM, en un período de 6 años 1987-1993; temperatura anual 14 ° C, con la presencia de temperaturas mas altas en el mes de junio 17.4 ° C y las mas frías en el mes de diciembre 11.66 ° C, se observa también que el mes más seco corresponde a diciembre con una precipitación de 0 mm. Y durante el período de evaluación de enero de 1995 a abril de 1996 (Figura 3), la temperatura anual fue de 13.9 ° C. Con la presencia de temperaturas más altas para el mes de mayo 18.8 ° C y las más frías en el mes de enero, 10.5 ° C. Se observa que el mes más seco corresponde al mes de enero de 1996 con 0 mm y el mes más húmedo en agosto con 213.2 mm. El Clima registrado es templado sub húmedo el mas seco de los sub húmedos con sequía intraestival, verano fresco, largo, con poca oscilación de temperatura; Cwo w’b (í’); según la clasificación de Köpen modificada por García (1973).

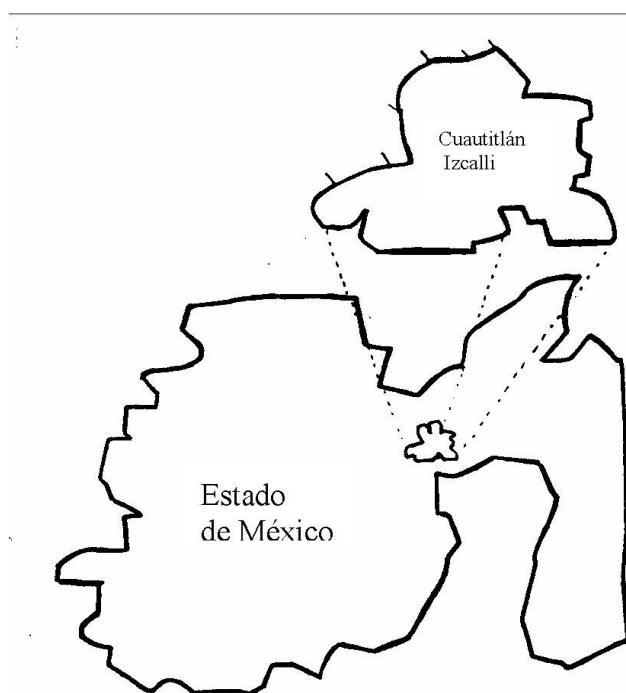


Figura 1. Localización de Cuautitlán Izcalli Estado de México.

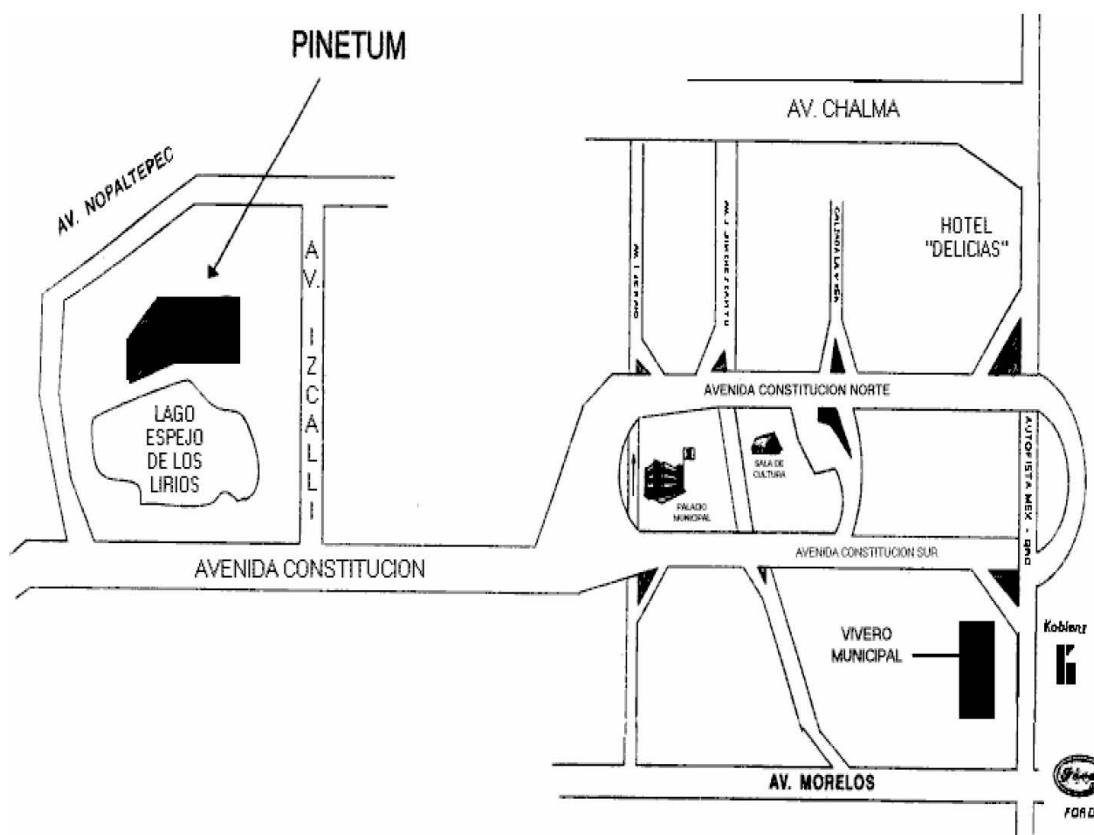


Figura 2. Localización del área *Pinetum*.

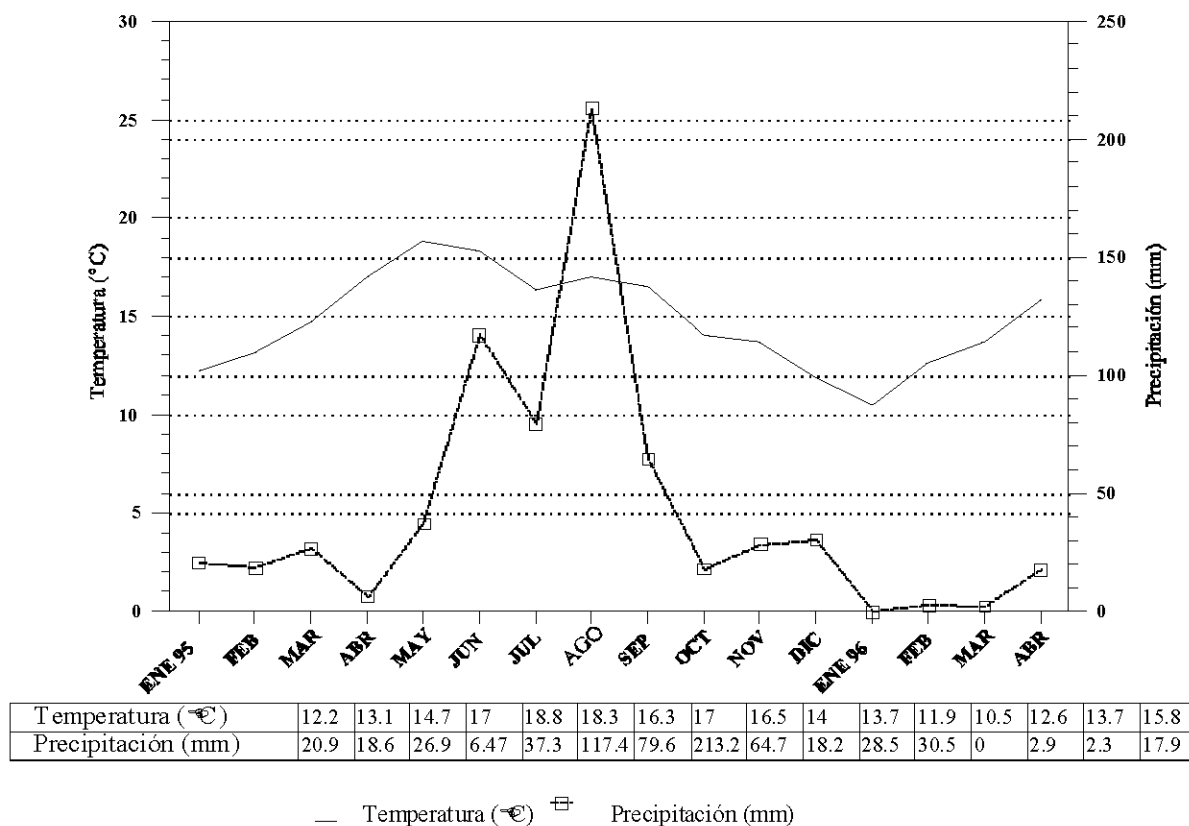


Figura 3. Temperatura y precipitación ocurrida durante el período de evaluación fenológica en la estación climatológica F.E.S. Cuautitlán UNAM Campo 4.

### Suelo

Se realizó un análisis de suelo (dos muestras), en el departamento de Ingeniería Agrícola de la FES Cuautitlán Campo 4 y se obtuvo el siguiente resultado, que se presentan en el Cuadro 1. Del cual se obtuvo lo siguiente; la densidad aparente de las muestras fue de 1.29 a 1.31 g/cm y la densidad real de 2.38 a 2.46 g/cm, por lo que los espacios porosos varían del 45 a 79 y de 46 a 74 en la época de lluvias o con lámina de riego gruesa, en tanto que por el contrario durante la época de secas, se tiene una gran compactación del mismo. Durante la época de gran retención de agua, pueden darse procesos de anaerobiosis y reducción química de algunos elementos, afectando por tanto la disponibilidad de algunos nutrientes para la planta.

El pH se encuentra entre 7.7 y 7.8, lo que de acuerdo a la clasificación de Moreno (1978), corresponde a suelos de ligera a medianamente alcalinos. Esto indica que existe acumulación de sales básicas, por lo que se recomienda acidificar el suelo hasta llevarlo a un pH de 6.5 a 7.2.

En lo que se refiere a materia orgánica, tenemos que sobre la base de la clasificación de Moreno (1978), los suelos tienen un contenido medio de esta y de acuerdo

a la clasificación Duchaufour (1984), una baja capacidad de intercambio catiónico, por lo que se recomienda agregar materia orgánica con la finalidad de incrementar la capacidad de intercambio catiónico y por tanto su fertilidad. Para mejorar la estructura y disminuir la compactación e incrementar el porcentaje de espacios porosos y permitir una mejor aireación, como mayor infiltración del agua de drenaje para incrementar la retención de agua disponible para la vegetación. Por lo que se recomienda mantener una cobertura vegetal en el suelo, cuando menos con pastos para evitar la pérdida de agua por evaporación y evitar la erosión.

Cuadro 1. Análisis de las dos muestras del suelo del *Pinetum* Cuautitlán Izcalli estado de México, realizado por el Departamento de Ingeniería Agrícola FES Cuautitlán Campo 4.

Parámetros	A	B
pH (H <sub>2</sub> O)	7.8	7.7
M.O %	2.048	1.613
CIC	18.5	23.0
Ca meq/100 gr	7.35	8.77
Mg	11.4	12.3
Densidad aparente gr/cm	1.31	1.29
Densidad real gr/cm	2.46	2.38
Espacios porosos %	46.74	45.79
Arena %	29.46	43.28
Limo %	46.18	24.13
Arcilla %	24.36	32.54
Clase textural	Migajón	Migajón arcilloso

De acuerdo con el Atlas Nacional del medio físico INEGI (1988) y con las unidades de clasificación de suelos FAO/UNESCO 1970, modificada por DGGTENAL. Corresponde a la unidad de suelo predominante de feozem y a la sub unidad haplico con fase física lítica, sin fase química, con clase textural media.

Terreno ligeramente ondulado, con pendiente suave menor de 8% con exposición al sur. Delgado, erosionado de 13 a 15 cm de profundidad antes de alcanzar la primera capa tepetatoza. El suelo predominante de feozem, tiene una capa superficial oscura suave y rica en materia orgánica. Con suelo primario de vertisol elico y un suelo secundario de regosol eutrico con nutrientes.

#### Vegetación

La vegetación original ha desaparecido totalmente, posiblemente por darle a estos suelos un uso agrícola. Hoy la vegetación que se observa consiste en especies introducidas entre las que se pueden destacar el eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*), pirul (*Schinus molle*) y cedro blanco (*Cupressus lindleyii*) los cuales se encuentran formando agrupaciones un tanto aisladas entre sí, con dominancia del eucalipto. Gran parte de la superficie del terreno, se encuentra cubierta por herbáceas anuales como *Cosmos bipinatifidum*, así como las perennes entre las que sobresalen las gramíneas.

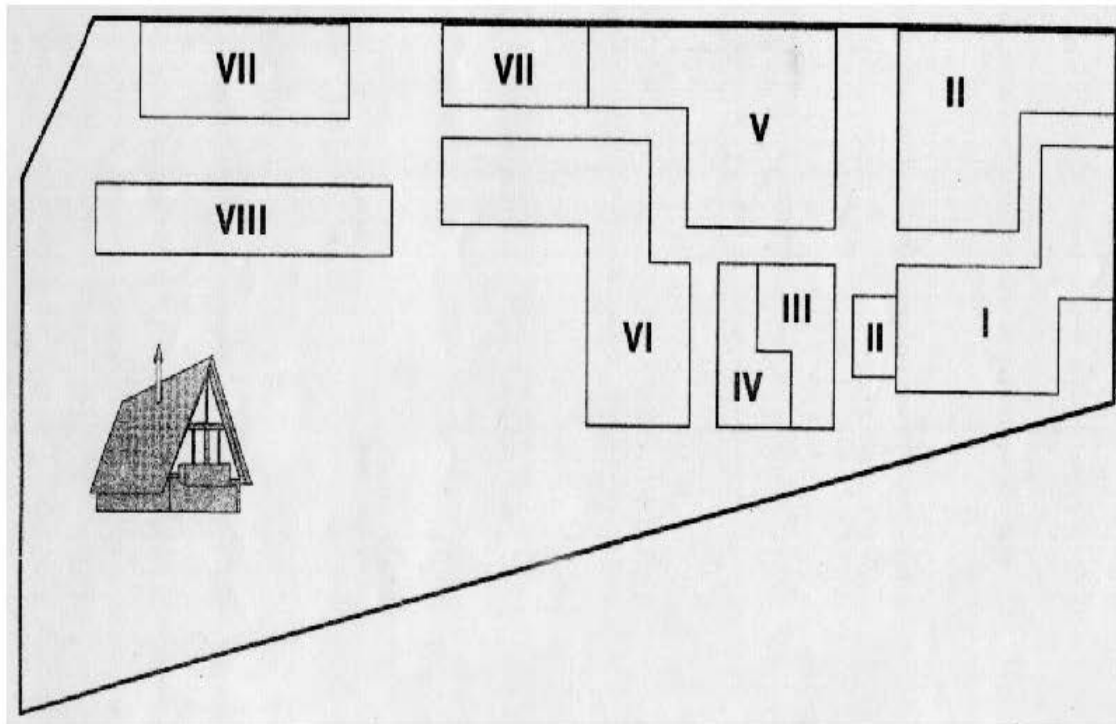
## Especies de pinos estudiadas

Las especies de pinos estudiadas en el *Pinetum* están ordenadas de acuerdo a la clasificación de Perry (1991), que se presentan en el Cuadro 2 y la distribución de las secciones del género *Pinus* se presentan en la Figura 4.

Cuadro 2. Especies en el *Pinetum* de Cuautitlán Izcalli, organizadas de acuerdo a clasificación de Perry (1991).

Especie y género	Lugar de procedencia
Subgénero Haploxylon o pinos blandos	
Sección cembra	
<i>P. ayacahuite</i> var. <i>brachyptera</i> Shaw	SARH - Zacatecas
<i>P. ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw	Probosque
<i>P. ayacahuite</i> Ehrenb.	Probosque
Sección Paracembra	
Subsección Cembroides	
<i>P. cembroides</i> Zucc	SARH Zacatecas
<i>P. cembroides</i> sub sp. <i>orizabensis</i> Bailey	Probosque
<i>P. discolor</i> Bailey et Hawksworth	SARH - Chihuahua
<i>P. johannis</i> M-F Robert	Centro de Genética Forestal
<i>P. lagunae</i> M-F Robert -Passini	SARH – Baja California
<i>P. culminicola</i> Andresen et Beaman	Centro de Genética Forestal
Subsección Pinceana	
<i>P. pinceana</i> Gord	SARH - Zacatecas
<i>P. maximartinezii</i> Rzedowski	SARH – Michoacán, C .G. F
Sub género Diploxylon o pinos duros	
Sección Leiophyllae	
<i>P. leiophylla</i> Schl et Cham.	Probosque
<i>P. lumholtzii</i> Rob. Et Fern.	SARH - Zacatecas
Sección Ponderosae	
<i>P. tecumumanii</i> (Schwertfeger) Eguiluz et Perry.	Centro de Genética Forestal
<i>P. jeffreyi</i> Murr.	SARH – Baja California Norte
Sección Montezumae	
Subsección Montezumae	
<i>P. arizonica</i> Engelm. .	
<i>P. montezumae</i> var. <i>lindleyi</i> Loud	Probosque
Subsección Rudis	
<i>P. hartwegii</i> Lindl	Probosque
Subsección Michoacana	
<i>P. michoacana</i> Mart.	SARH – Jalisco
<i>P. michoacana</i> var. <i>cornuta</i> Mart.	SARH – Jalisco
Sección Pseudostrobus	
Subsección Pseudostrobus	
<i>P. pseudostrobus</i> Lindl.	Centro de Genética Forestal
Subsección Oaxacana	
<i>P. pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i> Mart.	SARH - Hidalgo
<i>P. oaxacana</i> Mirov	SARH - Oaxaca
<i>P. pseudostrobus</i> var. <i>coatepecensis</i> Mart.	SARH - Oaxaca
Sección Serotinae	
Subsección Patula	
<i>P. radiata</i> var. <i>binata</i> Lemm.	Centro de Genética Forestal
<i>P. greggii</i> Engelm.	Centro de Genética Forestal
<i>P. patula</i> Schl. et Cham.	Centro de Genética Forestal
Subsección Oocarpa	
<i>P. oocarpa</i> Schiede	Probosque
<i>P. pringlei</i> Shaw	Probosque
<i>P. teocote</i> Schl et Cham.	Probosque
Sección Caribaea	
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> (Sénécl.)Barr. et Golf.	Probosque





I	Sección <i>Cembra</i>	V	Sección <i>Montezumae</i>
II	Sección <i>Paracembra</i>	VI	Sección <i>Pseudostrobus</i>
III	Sección <i>Leiophyllae</i>	VII	Sección <i>Serotinae</i>
IV	Sección <i>Ponderosae</i>	VIII	Sección <i>Teocote</i>

Figura 4. Secciones de *Pinus* distribuidas en el *Pinetum*, agrupadas en subgéneros de maderas blandas y duras (Perry 1991).

#### Observaciones dasométricas

Las mediciones se hicieron bajo previo marcaje y enumeración de cada uno de los pinos a fin de identificarlos a lo largo del estudio de enero de 1995 a abril de 1996, mediciones como son; en el diámetro del tronco, la altura del árbol, longitud del brote apical del eje, así como de un brote lateral del mismo, con auxilio de una cinta graduada vernier, una escalera tipo tijera y 250 etiquetas de material resistente. Las mediciones se realizaron con la ayuda de un vernier y metros de madera graduados en centímetros y milímetros. Las mediciones siempre se realizaron bajo la misma posición y ángulo de cada árbol, para evitar variaciones en las mediciones, en cada uno de los parámetros a medir.

### Diámetro

La medición se realizó en centésima de centímetros, con una periodicidad y frecuencia de 3 meses durante el período de evaluación de enero de 1995 a abril de 1996. Los pinos con altura menor de 1.3 metros, se midieron a los 10 cm de la base del tronco, donde fue colocada una piedra para evitar que se deformara la superficie, motivo por el cual pudiera alterar posteriores mediciones y árboles mayores a 1.3 m, se tomó el diámetro a esta altura 1.3 m llamada diámetro a la altura del pecho (d.a.p) y también a los 10 cm de altura previamente marcados en cada uno de los árboles con un número de identificación.

### Altura

Para su medición, se tomaron en cuenta la medición en metros expresadas en centésimas de centímetro, con la periodicidad y frecuencia igual que en diámetro. La altura de los pinos se tomó a partir de la base o nudo vital hasta la parte terminal del brote del eje principal del árbol.

### Longitud del brote apical del eje

Se registró la medición en centésima de centímetros cada 3 meses en cada árbol. Se registro la longitud existente a partir del verticilo final, (donde se colocó una marca con pintura de aceite) hasta la parte terminal del brote. Evaluación que se realizó en la misma rama hasta el fin del estudio.

### Longitud del brote lateral

Las mediciones se efectuaron en centésima de centímetro y cada 3 meses. En el área de observación. Se seleccionó la rama de la parte media del árbol de mejor vigor mejor expuesta al sol. La longitud registrada fue a partir del último verticilo previamente marcada hasta el brote terminal del mismo.

### Número de verticilos

Durante la etapa de crecimiento (fase vegetativa activa), la yema terminal del eje presenta alargamiento, dando lugar al crecimiento en longitud del eje y a lo largo de este. A determinada altura emergen pequeños brotes (futuras ramas del pino) que se ubican alrededor del eje (en forma radial), forma que se identifica con el nombre de verticilo o nodo, la cual se registró cada tres meses durante un año previamente marcado durante la toma de datos.

### Observaciones fenológicas

Las observaciones fenológicas se tomaron a partir de herramientas como; la visión y el criterio, que nos ayudan a determinar las fechas y acontecimientos de los diferentes eventos fenológicos en cada una de las especies en estudio, para la elaboración de calendarios fenológicos, que determinan la época de inicio y termino de las diferentes fases,

tanto de crecimiento vegetativo, como reproductivo, elemento útil para llevar a cabo la recolección de semilla y recolección de diferentes especies de pinos.

Estas observaciones se realizaron a través de apreciaciones visuales periódicas, con el apoyo de fotografías a color, tabla de colores de Munsell y una lente de aumento para comparar de manera práctica la forma y color del órgano del árbol motivo de observación y la fase de una fase fenológica a la siguiente. La periodicidad con que se realizó la observación fue de manera variable, cada 15 días para producción de conos, mensual para las observaciones de crecimiento vegetativo y trimestral para la evaluación de mediciones.

Las observaciones fenológicas realizadas a cada uno de las especies y sus respectivas repeticiones de las 25 especies, se realizó en un formato de registro fenológico. Estas observaciones se hicieron a través de aportaciones visuales durante un año cuatro meses, que considera el ciclo de inicio de verano y termino del invierno del año posterior.

#### Fase vegetativa

Las fenofases de la fase vegetativa fueron definidas con apoyo a los trabajos de Fournier (1974), Bello (1983), Vela (1980) y Prieto y Quiñones (1993). El crecimiento vegetativo, se clasificó en los siguientes eventos:

- 1) Yemas en latencia; no se presenta elongación de la yema, no se observa la diferencia entre yema vegetativa y yema de estructura reproductiva.
- 2) Emisión de primordio foliar; se caracteriza porque presenta elongación en la base de las yemas y se presenta a lo largo del brote, con la emisión de primordios foliares que asumen la forma de pequeños segmentos puntiagudos.
- 3) Pleno recubrimiento foliar; se alcanza cuando la hoja ha brotado completamente, se aprecia su forma continua con desarrollo paralelo a la yema, que puede continuar en elongación. Se observa aproximadamente la mitad de la longitud del desarrollo normal de las acículas.
- 4) Total desarrollo de acículas; es cuando las acículas tienen un desarrollo total (longitud máxima de las acículas) ya no existe crecimiento del brote y presentan la formación de catáfilos. Las acículas son de igual coloración que las viejas.
- 5) Estructuras reproductivas; en el género *Pinus* los estróbilos masculinos y femeninos se localizan en el mismo árbol. Generalmente los estróbilos femeninos se encuentran en las ramas de la parte media y superior de la copa, mientras que los masculinos se localizan en las ramas de la parte inferior de la copa, aunque no es un patrón estricto (Mirov, 1967).

### Fase de estróbilo masculino

Estadios evaluados:

- 1) Estado de yema; no se aprecia diferencia alguna entre yema vegetativa y estróbilo, sin elongación del brote.
- 2) Inmaduro; elongación y brotación de la yema, estróbilo encerrado todavía en la base de la yema vegetativa terminal, zona que se encuentra bastante abultada.
- 3) Intermedio; los conillos emergen de la yema vegetativa terminal, encerrados en yemas individuales de tamaño reducido (5 a 7 mm).
- 4) Maduro; se aprecia la apertura de la yema reproductiva masculina y posteriormente de los conillos así como la liberación abundante del polen.
- 5) Término de la liberación del polen; el final de la fase se alcanza cuando ya no hay liberación de polen y los conillos o estróbilos masculinos comienzan a caer.

### Fase de estróbilo femenino

Se dividió en cinco estadios:

- 1) Inmaduro; es cuando se presenta la brotación de la yema femenina apareciendo los estróbilos (conillos) posiblemente de color morado, rojo, verde u otro color. En los que se pueden hacer las siguientes observaciones en la relación a la secuencia, la apertura de las esporofilas o escamas de que se encuentran cubiertos. Bello (1978).
  - a) Parcialmente abiertas
  - b) Abiertas por completo y por lo tanto totalmente receptivo al polen proveniente del conillo o estróbilo masculino.
  - c) Totalmente cerrados.
- 2) Intermedio; se caracteriza por la elongación que presentan los conillos femeninos después de la polinización, por el cierre de las escamas y por presentar en la mayoría de veces un color verde.
- 3) Maduro; tiene lugar cuando los conos adquieren el tamaño propio de la especie y un color café oscuro en algunas especies. Apertura de conos; se caracteriza por la liberación de semillas a partir de que las escamas del cono maduro se abren.
- 4) Término de la liberación de semilla; el cono presenta escamas totalmente abiertas y libres de semillas.

## Análisis estadístico

La base para el análisis de datos obtenidos fue por estadística descriptiva, que se basa en resumir y describir los hechos que han proporcionado la información acopiada, que por lo general toman la forma de tablas, gráficos, cuadros e índices y tiene como fin primordial, describir las características principales de los datos reunidos en si mismos y que no tienen para nada, inferencias o generalizaciones acerca de la totalidad de todas las observaciones posibles. Así también se tomó en cuenta la inferencia estadística que si bien es una descripción d los hechos recopilados, es a veces, en si misma el fin que se propone. Con esta técnica se podrán sacar conclusiones o generalizaciones acerca del parámetro o parámetros de una población, basándose en el estadígrafo de la población (Chao, 1982).

### Observaciones dasométricas

El estadístico utilizado fue la media aritmética o promedio aritmético que se simboliza:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n}$$

Que es la suma de los valores observados, dividida por el número total de observaciones. Los datos a utilizar serán con mediciones de datos continuos (cm) (Scheffler, 1981). Para cada una de las características dasométricas se utilizó la media aritmética para promediar las observaciones en cada uno de los períodos evaluados.

El crecimiento acumulativo de las características dasométricas se graficaron en series cronológicas que fueron los datos promedio dispuestos al tiempo de su realización, estos fueron realizados para cada una de las secciones mostradas en la clasificación de Perry (1991).

## RESULTADOS

### Observaciones dasométricas

#### Diámetro a 10 cm de altura

Para las Secciones *Cembra* y *Paracembra*, Subsección, *Cembroides* y *Pinceana* Figura 5 y Figura 6 de temperatura y precipitación durante el período de evaluación, se observa lo siguiente para cada una de las especies.

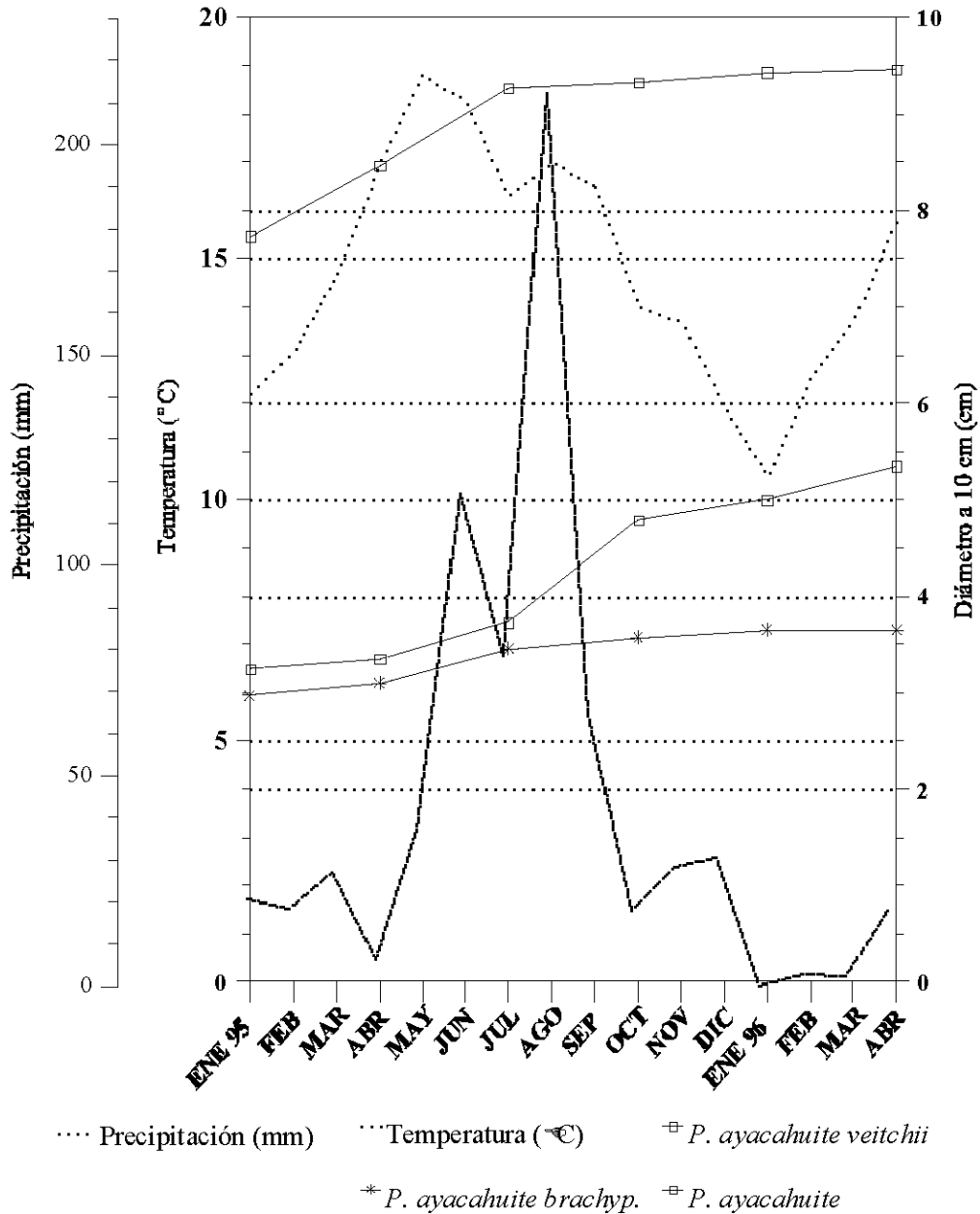


Figura 5. Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm, de los pinos de la Sección Cembra con la temperatura y la precipitación.

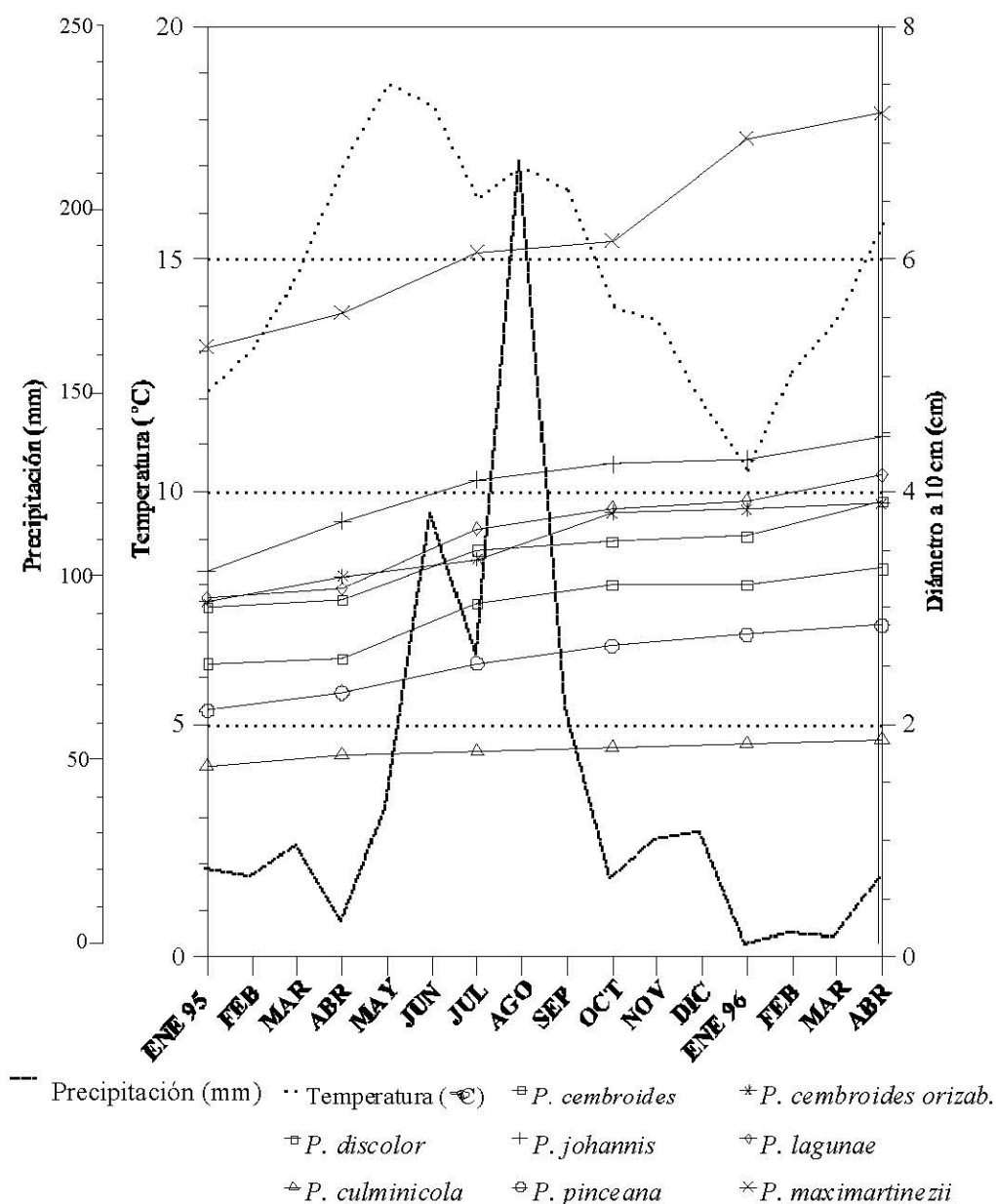


Figura 6. Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm de los pinos de la Sección Paracembra, con la temperatura y la precipitación

*P. ayacahuite* var. *brachyptera*, presenta reposo de enero a abril, con un lento crecimiento del diámetro de abril a julio, meses en que aumenta la temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación es mayor para el mes de agosto la especie se mantuvo en reposo de julio de 1995 a abril de 1996.

En *P. ayacahuite*, se observa un período de dormancia de enero a abril, con un ligero aumento del diámetro de abril a julio, cuando precipitación y temperatura aumentan de julio a octubre, seguido de un estado de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996 que es cuando desciende temperatura y precipitación, con rompimiento de enero a abril de 1996. Para *P.*

*ayacahuite* var. *veitchii* el diámetro es constante y rápido de enero a julio meses en que se incrementa la temperatura y la precipitación de forma ascendente, sin embargo, aunque la temperatura es mayor para el mes de agosto, la especie permanece en estado de dormancia de julio de 1995 a abril de 1996.

En tanto que para *P. cembroides*, se observa un aumento de diámetro lento de enero a abril, cuando la temperatura apenas comienza a incrementarse y la precipitación es todavía mínima y rápido de abril a julio, cuando la temperatura es dominante y la precipitación comienza a ser ascendente. Sin embargo, aunque la precipitación es dominante para el mes de agosto la especie muestra dormancia de julio a octubre, con rompimiento de la misma de octubre de 1995 a enero de 1996 para mantener rápido y constante el incremento del diámetro hasta abril de 1996 cuando temperatura y precipitación son descendentes.

Para *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, se observa un incremento del diámetro rápido y constante de enero a octubre, cuando precipitación y temperatura son ascendentes, con un período de dormancia de octubre de 1995 a abril de 1996 cuando temperatura y precipitación comienzan a descender.

En *P. discolor*, presenta reposo de enero a abril, con precipitación y temperatura en incremento y crecimiento rápido de abril a julio cuando la temperatura es elevada y la precipitación comienza a ascender. Sin embargo, aunque la precipitación es dominante para el mes de agosto, el crecimiento es lento de julio a octubre, seguido de un período de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996.

De tal manera *P. lagunae*, presenta un corto período de dormancia de enero a abril y crecimiento de abril a julio cuando la temperatura y precipitación son mayor, aunque la precipitación haya sido mayor para el mes de agosto, la especie mostró un menor crecimiento de julio a octubre, con un segundo período de latencia de octubre de 1995 a enero de 1996 que se interrumpe de enero a abril de 1996 con crecimiento lento.

En tanto que para *P. johannis*, se presenta aumento del diámetro rápido y constante de enero a julio cuando la temperatura es mayor y la precipitación esta en descenso, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto el crecimiento fue menor y constante de julio de 1995 a enero de 1996, seguido de un estado de latencia de enero a abril de 1996.

Así mismo, para *P. culminicola*, se presenta un aumento del diámetro lento pero constante de enero a octubre cuando la precipitación y temperatura son mayores, seguido de un estado de dormancia de octubre de 1995 a abril de 1996.

Finalmente *P. pinceana*, muestra latencia de enero a abril y un lento crecimiento pero constante de abril de 1995 a abril de 1996, período en el cual son ascendentes precipitación y temperatura. Para *P. maximartinezii*, se observa un incremento del diámetro lento pero constante de enero a julio cuando la temperatura es mayor y la precipitación comienza a ser descendente. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie mostró latencia de julio a octubre con interrupción rompiéndose de octubre de 1995 a enero de 1996 e incremento mayor, con un segundo período de dormancia de enero a abril cuando precipitación y temperatura son descendentes.



En general para la Sección *Cembra* se observan prolongados períodos de letargo en *P. ayacahuite veitchii* de julio de 1995 a abril de 1996. En *P. ayacahuite brachyptera* de enero a abril de 1995 y de julio de 1995 a abril de 1996. En *P. ayacahuite* de enero a abril de 1995, períodos en los cuales la temperatura y precipitación son menores.

Para la Sección *Paracembra*, se observa que las especies presentan un patrón en el aumento del diámetro muy distinto. En *P. johannis*, una de las especies que mantiene un aumento de diámetro mayor de enero a julio de 1995. Así como, *P. cembroides* sub sp. *orizabensis* y *P. cembroides*, con diámetro mayor pronunciado de octubre de 1995 a enero de 1996, meses en los cuales la temperatura y precipitación comienzan a ser ascendentes y períodos de letargo de enero a abril. Para *P. discolor*, *P. cembroides* y *P. lagunae*, cuando la temperatura y precipitación son menores, con letargos de octubre a enero para *P. discolor*, *P. lagunae* y *cembroides orizabensis* cuando la precipitación y temperatura comienzan a descender.

Finalmente para la Subsección *Pinceana*, *P. pinceana* y *P. maximartinezii*, muestran un patrón similar en el aumento del diámetro lento pero constante de enero de 1995 a abril de 1996, período en el cual la precipitación y temperatura son mayores.

En las Secciones, *Leiophyllae*, *Ponderosae*, *Montezumae* y Subsección *Montezumae* (Figura 7 y 8) de temperatura y precipitación durante el período de evaluación se observa para cada una de las especies lo siguiente:

En *P. leiophylla*, se observa un lento crecimiento del diámetro de enero a julio, cuando la precipitación y temperatura comienzan a ascender y un aumento mayor de julio a octubre cuando la precipitación es mayor, con latencia de octubre de 1995 a enero de 1996 cuando temperatura y precipitación comienzan a descender, y diámetro mayor de enero de 1995 a abril 1996.

*P. lumholtzii*, presenta un crecimiento lento pero constante de enero de 1995 a abril de 1996. Para *P. jeffreyi*, se observa un aumento del diámetro rápido y constante de enero de 1995 a abril de 1996. En *P. arizonica*, el diámetro aumenta lentamente de enero a abril. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto el crecimiento fue menor de abril de 1995 a enero de 1996 con estado de dormancia de enero a abril de 1996 y parámetros ambientales bajos.

Para *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa latencia de enero a abril, con rompimiento de abril a julio, cuando comienza a incrementarse la temperatura y la precipitación, con aumento del diámetro de abril de 1995 a enero de 1996, y crecimiento en agosto cuando aumenta la precipitación con un segundo estado de dormancia de enero a abril de 1996.

En general se puede observar que la Sección *Leiophyllae*, mantiene mas o menos el mismo patrón en el incremento del diámetro, excepto para *P. leiophylla*, que se prolonga de julio a octubre, cuando es mayor la precipitación y de enero a abril de 1996.

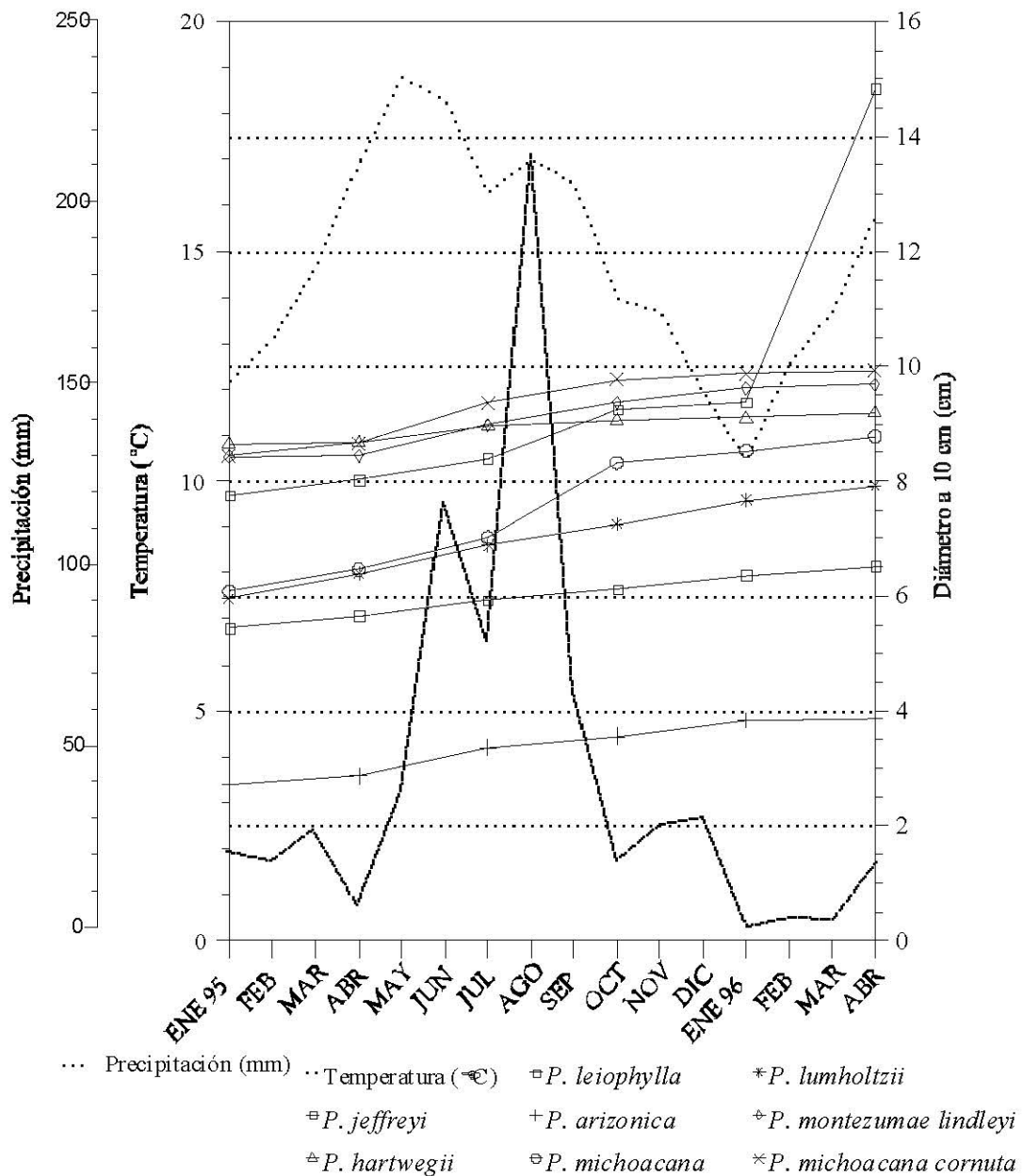


Figura 7. Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm de los pinos de la Sección *Leiophyllae*, *Ponderosae* y *Montezumae*, con la temperatura y la precipitación

Para la Sección *Ponderosae*, *P. jeffreyi*, presenta un patrón de crecimiento constante, durante el ciclo a diferencia de *P. arizonica*, que presenta ligeros períodos de dormancia de enero a abril de ambos años, que es cuando menor precipitación se presenta a temperaturas bajas.

En la Sección *Montezumae*, *P. montezumae* var. *lindleyi*, presenta crecimiento constante de abril a enero de 1995 lapso en el cual comienza a incrementarse la temperatura y precipitación.

En las Subsecciones *Rudis* y *Michoacana*, Sección *Pseudostrobus*, Subsecciones, *Pseudostrobus* y *Oaxacana* Figura 9 y Figura 5 de temperatura y precipitación durante el período de evaluación se observa para cada una de las especies lo siguiente:

*P. hartwegii*, muestra dormancia de enero a abril, con un incremento ligero de abril a julio, que es el momento en el cual comienza a ser ascendente precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque agosto presentó mayor precipitación la especie presenta un segundo estado de latencia de julio de 1995 a abril de 1996.

En *P. michoacana*, el diámetro es constante y rápido de enero a julio, meses en los cuales temperatura y precipitación son ascendentes y mayor de julio a octubre, que es cuando mayor es la precipitación y la temperatura, con crecimiento lento de octubre de 1995 a enero de 1996, momento en el cual la temperatura y precipitación comienzan a descender, seguido de un período de dormancia de enero de 1995 a abril de 1996. Para *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa un crecimiento constante de enero a octubre, con menor incremento de octubre de 1995 a enero de 1996, cuando precipitación y temperatura son descendentes, seguido de un período de latencia de enero a abril de 1996.

En tanto que para *P. pseudostrobus*, se observa reposo de enero a abril, con crecimiento rápido y constante de abril a octubre, período en el cual es mayor temperatura, y un segundo período de dormancia de octubre a abril que es cuando comienzan a ser descendentes tanto temperatura como precipitación y crecimiento mayor de enero a abril de 1996. Para *P. oaxacana*, se observa un crecimiento del diámetro rápido y constante de abril a octubre que es cuando temperatura y precipitación son mayores y menor aumento de octubre de 1995 a abril de 1996 cuando comienzan a ser descendentes temperatura y precipitación. En *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, se observa un crecimiento rápido y constante del diámetro de enero a octubre período en el cual, la temperatura y precipitación son ascendentes, con un ligero estado de latencia de octubre de 1995 a enero de 1996, y lento crecimiento de enero a abril de 1996 que es cuando precipitación y temperatura son descendentes. Finalmente para *P. pseudostrobus* var. *coatepecensis*, se observa un diámetro con crecimiento rápido y constante de enero a abril, con un estado de reposo de abril a julio cuando la temperatura es mayor y la precipitación desciende e interrupción en julio, con crecimiento menor de octubre de 1995 a abril de 1996 que es cuando comienzan a ser descendentes precipitación y temperatura.

En general para la Subsección *Rudis*, se observa que *P. hartwegii* mantiene un prolongado estado de reposo de enero a abril de 1995 y de julio a abril de 1996. Aún cuando en agosto se presentó mayor precipitación la especie continuo con su patrón de reposo.

Para la Subsección *Michoacana* se aprecia un patrón de crecimiento constante para *P. michoacana* y *P. michoacana* var. *cornuta* de enero a julio que es cuando la temperatura y precipitación comienzan a ser ascendentes, excepto para *P. michoacana* que se prolonga en mayor grado de julio a octubre que es cuando se presenta mayor precipitación, con estado de letargo de enero a abril de 1996.

En general para la Sección *Pseudostrobus*, se observa un incremento del diámetro constante de enero a octubre, período en el cual la precipitación y temperatura son mayores, excepto para *P. pseudostrobus* con un incremento mínimo. En *P. pseudostrobus* *coatepecensis*, el letargo se presenta de abril a julio con precipitación ascendente, seguido de fases menores en el

incremento del diámetro de octubre de 1995 a abril de 1996. Momento el cual la precipitación y temperatura comienzan a ser descendentes.

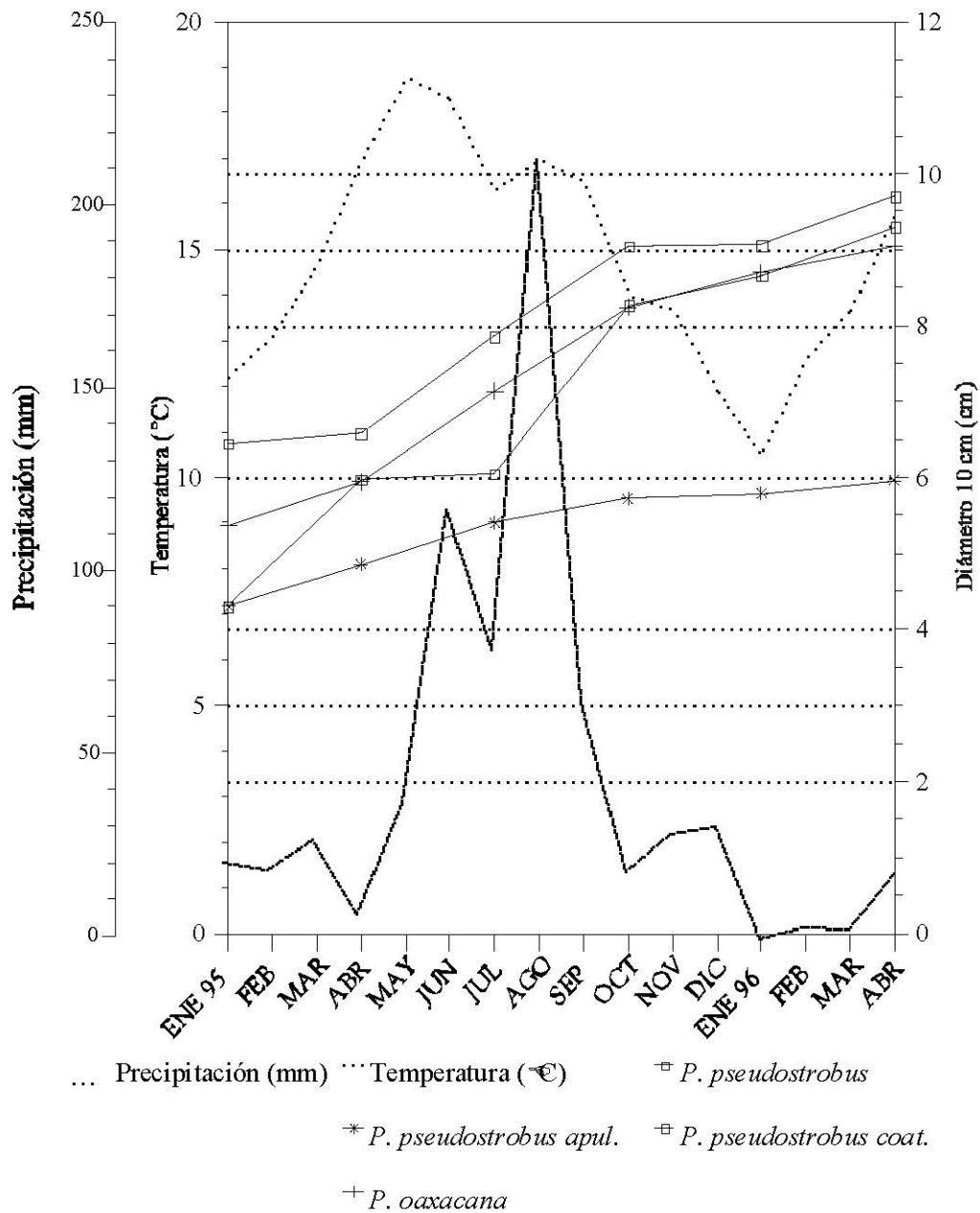


Figura 8. Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm de los pinos de la Sección Pseudostrobus, con la temperatura y la precipitación

En la Sección *Serotinae*, Subsecciones, *Patula* y *Oocarpa*, Secciones *Teocote* y *Caribaea*. Figura 9, de temperatura y precipitación durante el período de evaluación se observa para cada una de las especies lo siguiente.

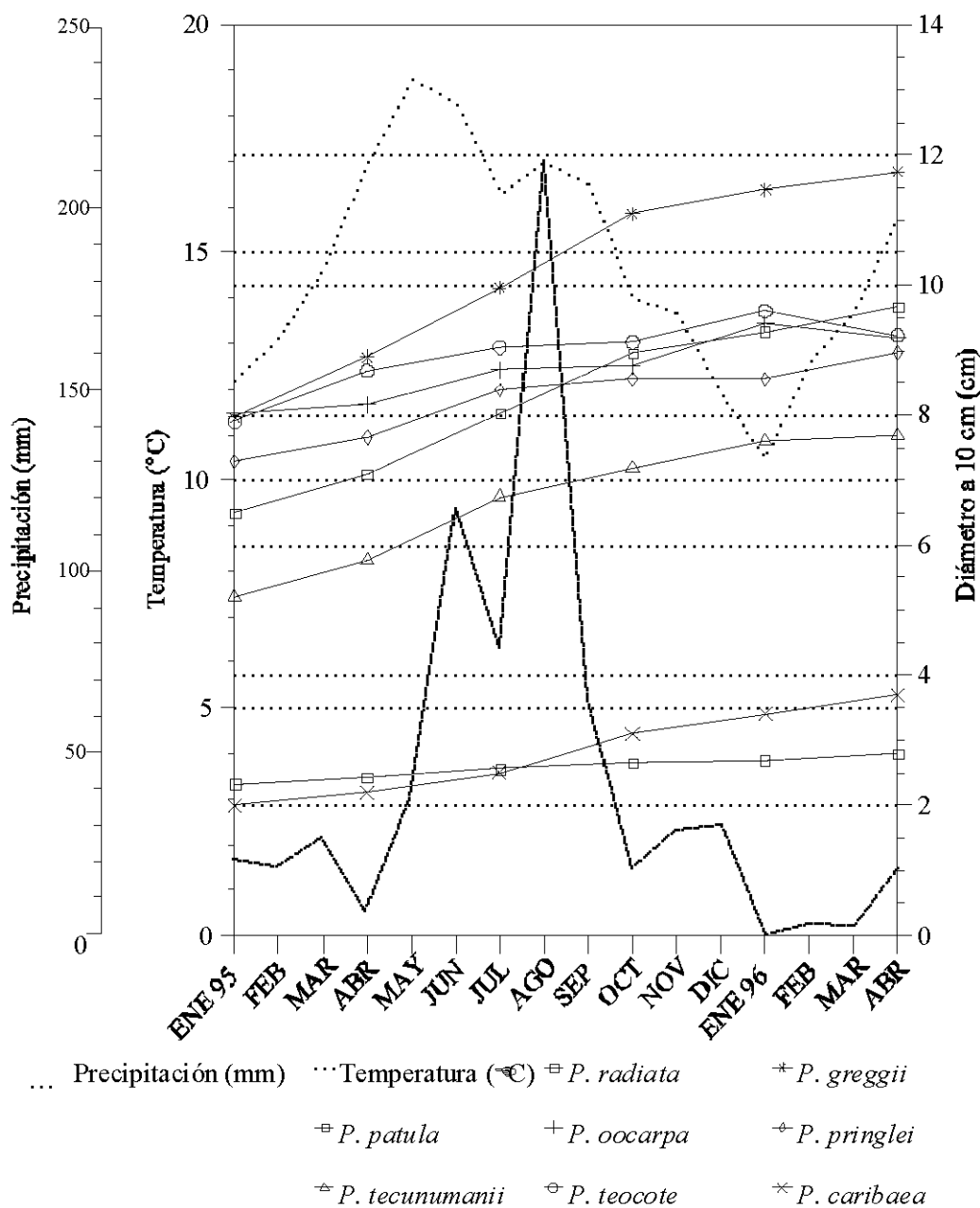


Figura 9. Comparación de crecimiento en diámetro a 10 cm de los pinos de la Sección Serotinae, Teocote y Caribaea, con la temperatura y la precipitación

*P. radiata*, presenta un diámetro con crecimiento lento pero constante de enero de 1995 a abril de 1996, a pesar de que la precipitación mayor se haya dado para el mes de agosto.

Para *P. greggii*, se presenta crecimiento constante desde enero hasta octubre, momento en el cual la temperatura y precipitación son ascendentes, con bajo crecimiento de octubre de 1995 a abril de 1996 cuando precipitación y temperatura descenden.

En *P. patula*, el incremento del diámetro es constante de enero de 1995 a abril de 1996, con mayor precipitación en agosto y crecimiento casi similar.

En tanto que para *P. oocarpa*, se observa dormancia de enero a abril, con lento aumento de abril a julio cuando la temperatura y precipitación ascienden. Sin embargo, en agosto se presentó la mayor precipitación, con letargo de julio a octubre, mostrando un lento incremento de octubre de 1995 al mes de abril de 1996.

En *P. pringlei*, el incremento del diámetro es lento pero constate de enero a octubre, meses en los cuales se presentó la mayor precipitación y temperatura, con un incremento menor de octubre a enero cuando descende precipitación, para entrar enseguida en un período de dormancia de enero a abril de 1996.

Para *P. tecunumanii*, se observa un crecimiento rápido y constate de enero a octubre, período en el cual la precipitación y temperatura son mayores, seguido de un período de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996 que se interrumpe de enero a abril de 1996 con un diámetro mayor.

En tanto que para *P. teocote*, el diámetro crece rápida y constantemente de enero a julio, cuando la precipitación y temperatura son mayores. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie permaneció en dormancia de julio a octubre con diámetro mayor de octubre de 1995 al mes de abril de 1996.

Finalmente para *P. caribaea* muestra un diámetro con crecimiento constante de enero de 1995 a abril de 1996.

En general para la Sección *Serotinae*, Subsección *Patula*, se observa que el diámetro es constate para las especies, con poco crecimiento de octubre a abril para *P. greggii* y menor para *P. radiata*.

Para la Subsección *Oocarpa*, se observa un crecimiento muy similar para *P. oocarpa* y *P. pringlei*, excepto por los dos períodos de reposo que presenta *P. oocarpa* de enero a abril cuando precipitación y temperatura son menores, al igual que de octubre de 1995 a enero de 1996 y *P. pringlei* que presenta solo incremento de enero a abril de 1996.

En la Sección *Teocote*, *P. teocote*, presenta un diámetro con crecimiento constante de enero de 1995 a enero de 1996 con un solo período de dormancia de enero a abril de 1996 cuando la precipitación y temperatura son menores.

En tanto que, para la Sección *Caribaea*, *P. caribaea* presenta un crecimiento lento pero constante.

Comparando los diámetros para las especies, Figura 10 se puede observar que hubo mayor incremento en el crecimiento del diámetro para; *P. tecunumanii*, *P. patula*, *P. greggii*, *P. pseudostrobilus coatepecensis*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobilus*, *P. michoacana*. Y con menor crecimiento en; *P. radiata*, *P. hartwegii*, *P. pincheana*, *P. culminicola*, *P. discolor*, *P. cembroides* y *P. ayacahuite* var. *Brachyptera*.

Por lo tanto se considera que las Secciones que mayor incremento en el diámetro a 10 cm mostraron son: las Secciones *Pseudostrobilus* y *Serotinae*, a diferencia de la Sección *Paracembra*, mostrando un menor incremento.

### Diámetro a 1.3 m de altura

En la Secciones *Cembra* y *Paracembra*, Subsección *Cembroides* y *Pinceana*, la precipitación y temperatura ocurrida durante el período de reposo, se puede observar en la Figura 11 y 12 para cada una de las especies lo siguiente:

*P. ayacahuite* var. *brachyptera*, comienza a incrementar su diámetro en julio cuando es ascendente temperatura y precipitación, con rápido crecimiento de julio a octubre cuando es mayor la precipitación, y lento pero constante de octubre de 1995 a abril de 1996, meses en los cuales comienza a descender la temperatura y precipitación.

En *P. cembroides*, el diámetro a 1.3 m se manifiesta en julio, cuando comienza a ser ascendentes temperatura y precipitación, con un aumento hasta octubre período intermedio en el cual se presentó la mayor precipitación, y de octubre de 1995 a enero de 1996 presenta un período de reposo cuando descende temperatura y precipitación, con interrupción de enero a abril con mayor crecimiento de 1996. Para *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, inicia la manifestación de diámetro de enero a abril de 1996.

En el caso de *P. ayacahuite* var. *veitchii*, se observa un período de reposo de enero a abril, con diámetro rápido y constante de abril a octubre con precipitación y temperatura ascendente, y una segunda fase de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996, cuando la precipitación y la temperatura descienden, fase que es interrumpida de enero a abril de 1996. En *P. ayacahuite* se observa un diámetro con crecimiento lento de enero a abril de 1996.

En tanto que *P. lagunae*, manifiesta diámetro de enero a abril de 1996 con crecimiento lento.

En general para la Sección *Cembra* *P. ayacahuite* *veitchii*, manifiesta incremento diámetro a 1.3 m presentando letargo de enero a abril y un aumento constante de abril a octubre, cuando ascienden temperatura y precipitación y un segundo estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996, cuando descienden temperatura y precipitación, con rompimiento de enero a abril de 1996.

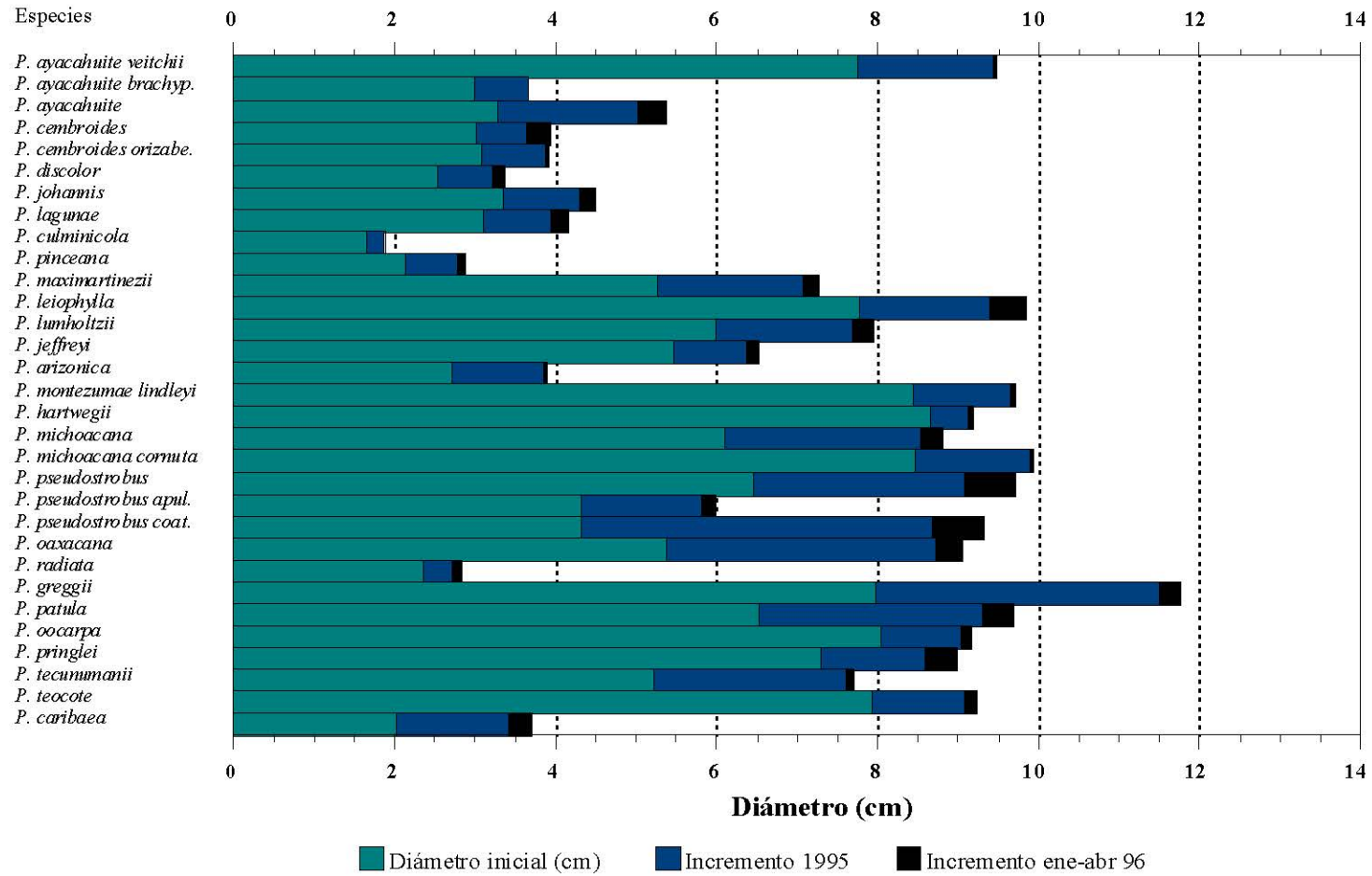


Figura 10. Comparación del diámetro inicial a 10 cm y sus incrementos de las especies del *Pinetum*





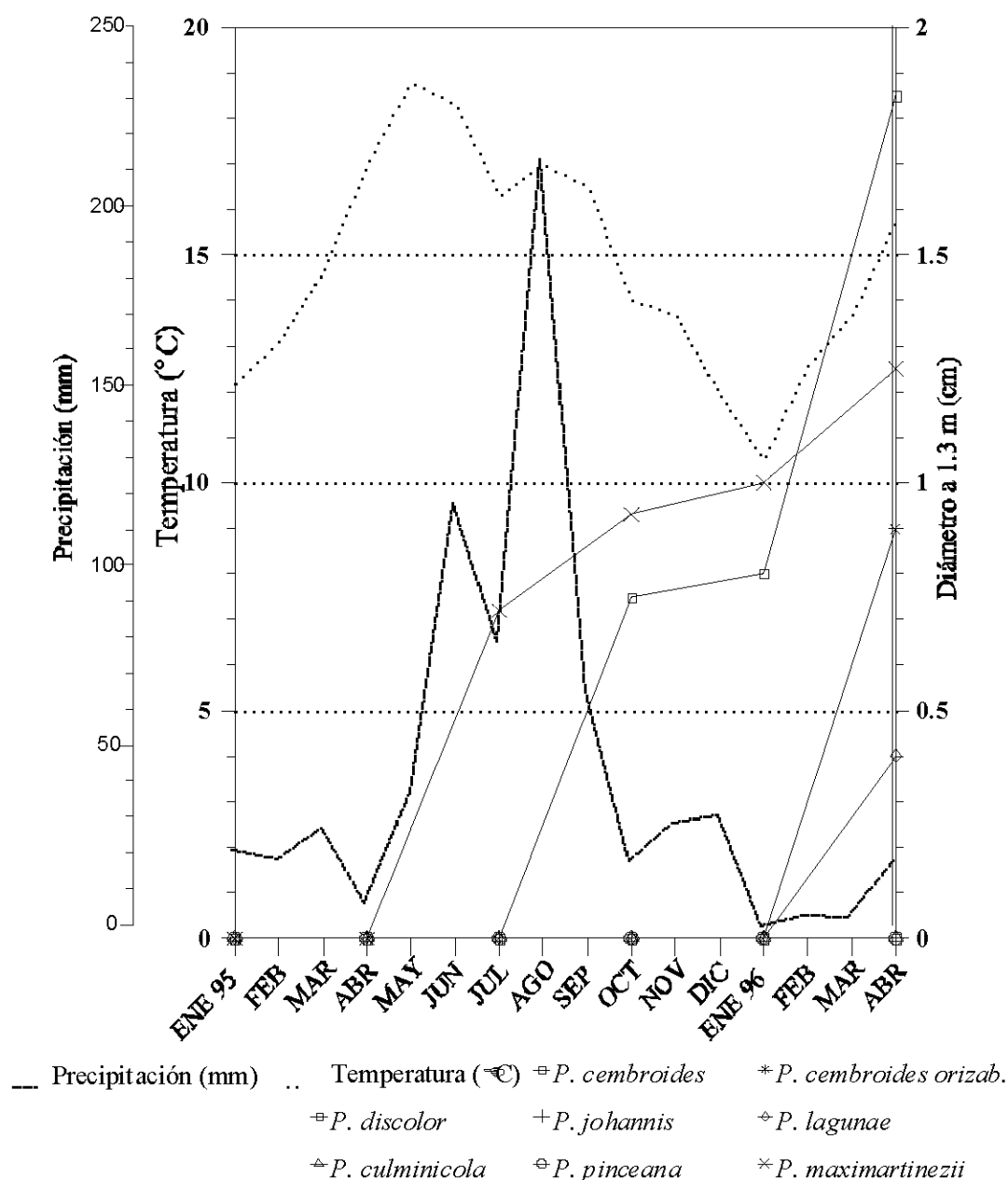


Figura 12. Comparación en diámetro a 1.3 m, de los pinos de la Sección Paracembra, con la temperatura y la precipitación.

En las Secciones *Leiophyllae* y *Ponderosae*, Sección *Montezumae*, Subsecciones, *Rudis* y *Michoacana*, durante el período de evaluación se puede observar en la Figura 13 para cada una de las especies lo siguiente:

*P. leiophylla*, muestra elongación del diámetro lento de enero a abril y mayor de abril a octubre, cuando mayor son precipitación y temperatura, con incremento lento pero constante de octubre de 1995 a abril de 1996, momento en el cual la precipitación comienza a descender.



en un segundo período de latencia de octubre de 1995 a enero de 1996, con interrupción del letargo de enero a abril de 1996.

Para *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa un aumento del diámetro lento de enero a abril y rápido de abril a octubre, con precipitación y temperatura altas, para luego entrar en un segundo período de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996, cuando precipitación y temperatura descienden, surge el rompimiento del letargo de enero a abril de 1996.

En *P. hartwegii*, se observa un ligero estado de dormancia de enero a abril, con un diámetro constante de abril a octubre, cuando temperatura y precipitación ascienden y un segundo estado de reposo de octubre de 1995 a abril de 1996.

En tanto que, para *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa un diámetro lento de enero a abril y rápido de abril a julio, que es cuando incrementar la precipitación y la temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, el diámetro fue menor de julio a octubre, con un segundo incremento de octubre de 1995 a enero de 1996, para entrar después a un estado de reposo de enero a abril de 1996, meses en los cuales descienden precipitación y temperatura. Finalmente para *P. michoacana*, se observa reposo de enero a abril, pero de abril a julio el diámetro se incrementa en mayor grado, debido al aumento de la temperatura y la precipitación, aun cuando la precipitación fue mayor para el mes de agosto el diámetro fue menor de julio a octubre, y un segundo estado de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996, con lento crecimiento del diámetro de enero a abril.

Para la Sección *Leiophyllae*, se observa que las especies presentan diferente patrón de crecimiento ya que mientras *P. leiophylla* mantiene un patrón de crecimiento rápido y constante, *P. lumholtzii*, solo presenta crecimiento constante de abril a enero, con dos períodos de dormancia de enero a abril, cuando precipitación y temperatura son menores en ambos años.

En tanto que para la Sección *Ponderosae* *P. jeffreyi*, presenta mayor crecimiento de abril a octubre ya que en el mes de agosto se presentó mayor precipitación.

Para la Sección *Montezumae* se observa para *P. montezumae* var. *lindleyi* un mayor crecimiento de abril a octubre.

En general para la Sección *Rudis* podemos observar que *P. hartwegii*, presenta un período con crecimiento mayor de abril a octubre, cuando precipitación y temperatura son mayores.

Para la Sección *Michoacana* se observa que *P. michoacana* var. *cornuta*, muestra un incremento de diámetro en forma constante, y un solo período de dormancia de enero a abril de 1996. A diferencia de *P. michoacana* que comienza a incrementar su diámetro hasta el mes de abril de 1996.

En la Sección *Pseudostrobus* Subsecciones *Pseudostrobus* y *Oaxacana*, Sección *Serotinae*, Subsecciones *Patula* y *Oocarpa* y Sección *Teocote*, durante el período de evaluación se observa en la Figura 14 y 15 para cada una de las especies lo siguiente:

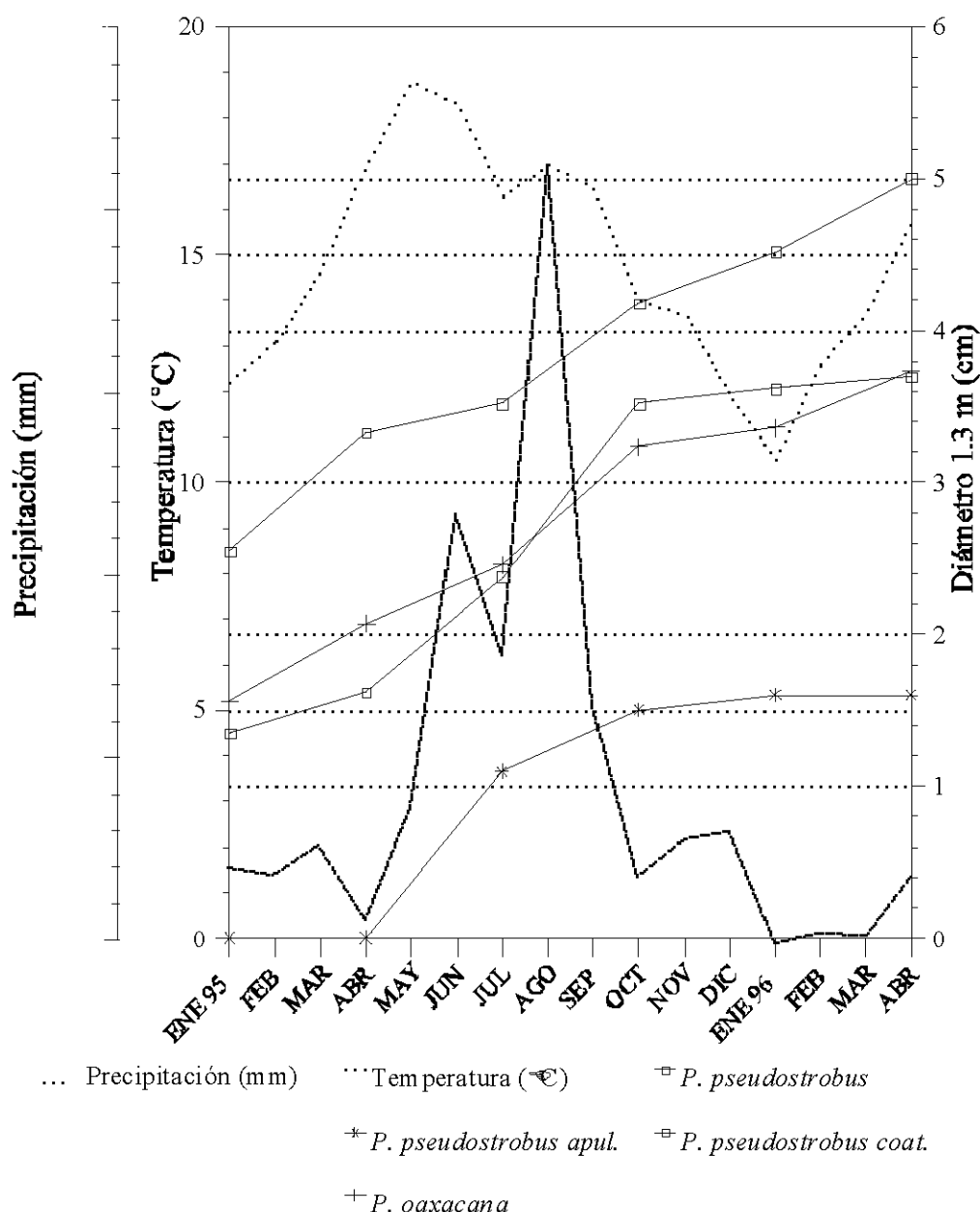


Figura 14 Comparación de crecimiento en diámetro a 1.3 m, de los pinos de la Sección Pseudostrobus, con la temperatura y la precipitación

*P. pseudostrobus*, presenta un incremento del diámetro rápido y constante de enero a abril, con temperatura y precipitación ascendentes. Sin embargo, para el mes de agosto se presenta precipitación alta y en junio la especie muestra letargo de abril a julio, seguido de un crecimiento rápido y constante de julio de 1995 a abril de 1996. Para *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, se observa reposo de enero a abril y rompimiento de abril a julio y lento crecimiento de julio a octubre, con un segundo estado de reposo de octubre a abril. En *P. oaxacana*, se observa un aumento rápido y constante de enero a octubre, y un ligero estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996, con crecimiento lento de enero a abril de 1996, cuando descende temperatura y precipitación. En tanto que para *P. pseudostrobus* var.



presenta dormancia de enero a abril y se interrumpe de abril a julio cuando se incrementa temperatura y precipitación, la especie presentó incremento del diámetro lento pero constante hasta octubre, con un segundo estado de dormancia de octubre de 1995 a abril de 1996.

Para *P. tecunumanii*, el diámetro es constante de enero a octubre, con mayor precipitación en junio y julio y letargo con temperatura en ascenso, con inicio de un período de letargo en octubre de 1995 que se prolonga hasta abril de 1996.

En *P. oocarpa*, el incremento del diámetro es rápido y constante de enero a octubre, con mayor precipitación en junio y agosto con mayor temperatura, seguido de un estado de reposo de octubre de 1995 a abril de 1996.

Finalmente para *P. teocote*, el aumento del diámetro es rápido y constante de enero a octubre, con mayor precipitación de junio a agosto y de abril a agosto con mayor temperatura y un estado de dormancia de octubre de 1995 a abril de 1996.

En general para la Sección *Pseudostrobus*, se observa que las especies mantienen un incremento del diámetro constante de enero a octubre a mayor temperatura y precipitación, seguido de un letargo de octubre a abril. Excepto para *P. pseudostrobus* que se incrementa su diámetro hasta abril de 1996. Para *P. oaxacana*, sale de la fase de reposo en enero de 1996, y continua su fase de crecimiento hasta abril de 1996 aunque la precipitación haya sido menor.

En general para la Sección *Serotinae* las especies presentan un patrón de crecimiento similar, excepto por el período de dormancia que se presenta en *P. greggii* para los meses de octubre de 1995 a enero de 1996, que es cuando descienden temperatura y precipitación, a diferencia de *P. patula* que presenta dormancia de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Teocote* en *P. teocote*, se observa un diámetro con crecimiento constante, con un solo período de reposo de enero a abril de 1996.

Respecto a este apartado dasométrico de diámetro a 1.3 m de altura, se observa en general, que las especies que mayor crecimiento presentan son Figura 16: *P. tecunumanii*, *P. patula*, *P. greggii*, *P. pseudostrobus coatepecensis*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobus* y *P. michoacana* y las especies que menor crecimiento mostraron son: *P. radiata*, *P. hartwegii*, *P. pinceana*, *P. culminicola*, *P. discolor*, *P. cembroides*, *P. ayacahuite brachyptera*.

Por lo tanto se considera que las Secciones que mayor incremento del diámetro a 1.3 m muestran son, la Sección *Pseudostrobus* y *Serotinae*, a diferencia de las Sección *Paracembra*, que fue en la que menor crecimiento hubo.

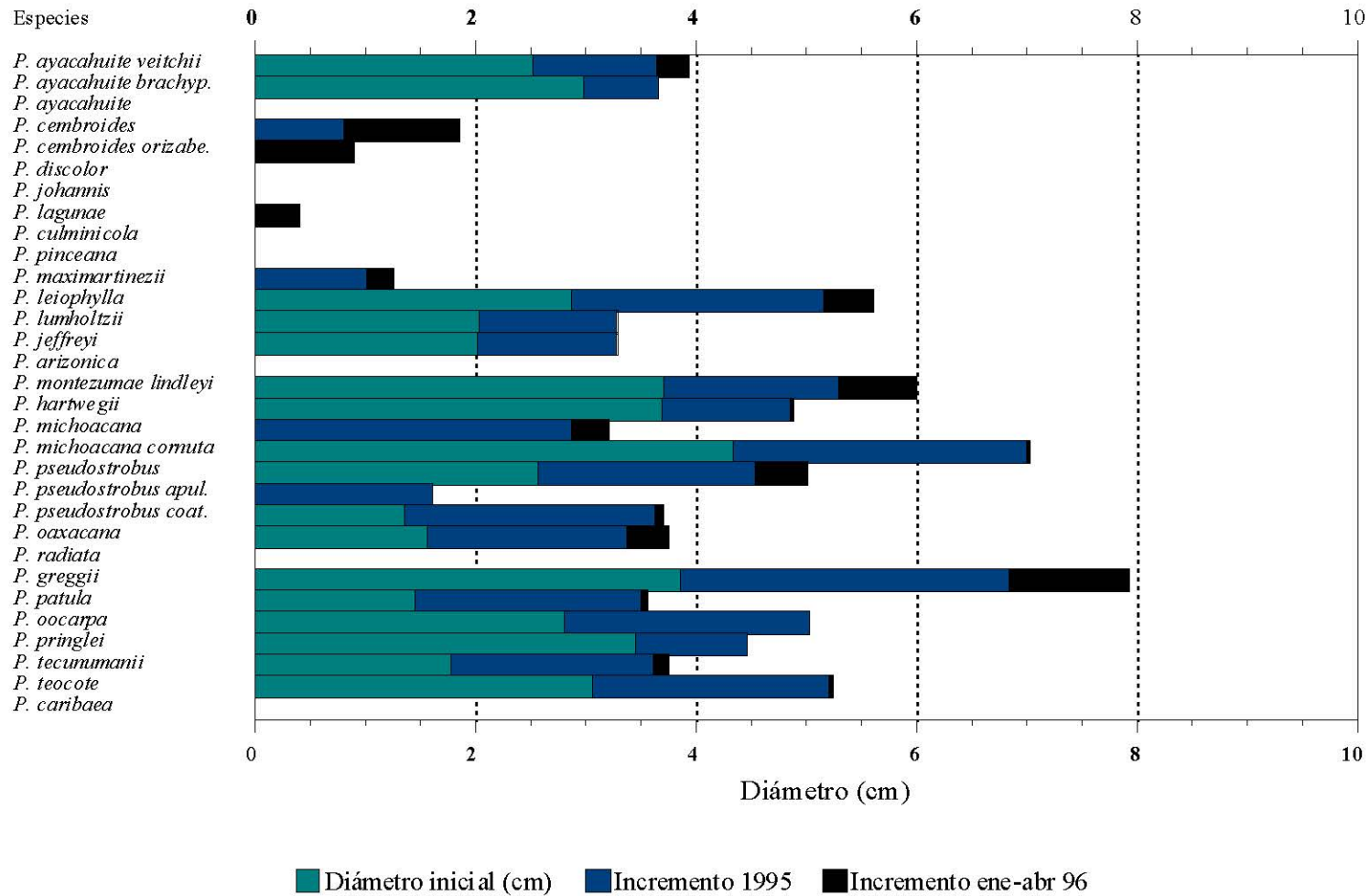


Figura 16. Comparación del diámetro a 1.3 m inicial y sus incrementos de las especies del *Pinetum*.



## Crecimiento en altura

Para la Sección *Cembra* y Sección *Paracembra*, Subsección *Cembroides* durante el período de evaluación, se observa en las Figuras 17 y 18 para cada una de las especies lo siguiente.

*P. ayacahuite* var. *brachyptera* muestra un lento crecimiento de enero a abril, cuando asciende la temperatura y mayor de abril a julio, cuando asciende la precipitación. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie se mantuvo en dormancia de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996, y crecimiento rápido.

Para *P. ayacahuite* var. *veitchii*, se observa un crecimiento rápido de enero a julio cuando asciende tanto precipitación como temperatura, y lento de julio a octubre a precipitación alta y estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996 que se rompe de enero a abril de 1996, con crecimiento rápido a pesar de una precipitación baja. En *P. ayacahuite*, se observa un crecimiento lento y constante de enero a julio cuando ascienden la precipitación y temperatura y rápido de julio a octubre a mayor precipitación, seguido de un estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996 con crecimiento lento de enero a abril de 1996.

En *P. cembroides*, se observa un lento crecimiento de enero a abril cuando asciende la temperatura, y rápido de abril a julio cuando asciende la precipitación. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie mantuvo un crecimiento menor de julio de 1995 a enero de 1996 con crecimiento mayor de enero a abril de 1996, a pesar de una precipitación baja. Para *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, se observa letargo de enero a abril, cuando asciende la temperatura, y crecimiento constante de abril a octubre, cuando asciende la precipitación, seguido de un menor crecimiento de octubre de 1995 a abril de 1996.

En tanto que para *P. discolor*, se observa un período de dormancia de enero a abril, cuando se incrementa la temperatura, misma que se interrumpe de abril a octubre, cuando se presenta mayor precipitación, para entrar después a un segundo estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996 con un crecimiento lento de enero a abril de 1996.

En *P. johannis*, se observa un lento crecimiento de enero a abril, con crecimiento rápido de abril a julio cuando asciende precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie presenta dormancia de julio de 1995 a abril de 1996.

Para *P. lagunae*, se observa crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura, con crecimiento menor pero constante de julio de 1995 a enero de 1996, y crecimiento mayor de enero a abril de 1995 aun con precipitaciones bajas.





En general para la Sección *Paracembra* y Subsección *Cembroides*, se observa mayor crecimiento de abril a julio cuando se incrementan precipitación y temperatura. Por otro lado para *P. cembroides* y *P. lagunae*, se observa crecimiento rápido de enero a abril de 1996.

Para la Subsección *Pinceana*, se observa el mismo patrón de crecimiento, excepto por la fase de reposo que presenta *P. pinceana* de octubre de 1995 a enero de 1996 cuando desciende la precipitación.

En las Secciones *Leiophyllae*, *Ponderosae* y *Montezumae* se observa en la Figura 19 para cada una de las especies lo siguiente:

*P. leiophylla*, presenta un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando asciende precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque en agosto se presenta la mayor precipitación, la especie muestra dormancia de julio a octubre y mayor crecimiento de octubre de 1995 a abril de 1996.

En *P. lumholtzii* el crecimiento es constante de enero a julio cuando asciende precipitación y temperatura, seguido de un estado de dormancia de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996.

Para *P. jeffreyi* el crecimiento es rápido y constante de enero a octubre, cuando aumenta precipitación y temperatura, seguido de un menor crecimiento de octubre de 1995 a enero de 1996 y mayor de enero a abril de 1996 cuando la precipitación y temperatura son bajas.

En *P. arizonica*, se observa un crecimiento lento de enero a abril cuando asciende la temperatura, y mayor de abril a julio cuando asciende la precipitación, para luego entrar en estado de letargo de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996.

Con *P. montezumae* var. *lindleyi* el crecimiento es rápido y constante de enero a julio, cuando ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie se mantuvo en letargo de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Leiophyllae*, se observa que las dos especies *P. lumholtzii* y *P. leiophylla* siguen el mismo patrón, tanto en las fases de crecimiento como en el período de reposo.

En la Sección *Ponderosae*, se observa el mismo patrón de crecimiento de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura. En *P. arizonica*, se presenta período de dormancia de julio de 1995 a abril de 1996 cuando se presenta mayor precipitación para el mes de agosto, a diferencia de *P. jeffreyi* que presenta crecimiento lento y constante de julio de 1995 a enero de 1996, y rápido de enero a abril de 1996 cuando la precipitación y temperatura son bajas.

Para la Sección *Montezumae* en *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa un patrón de crecimiento rápido de abril a julio cuando asciende precipitación y temperatura, con baja precipitación de enero a abril de 1996.



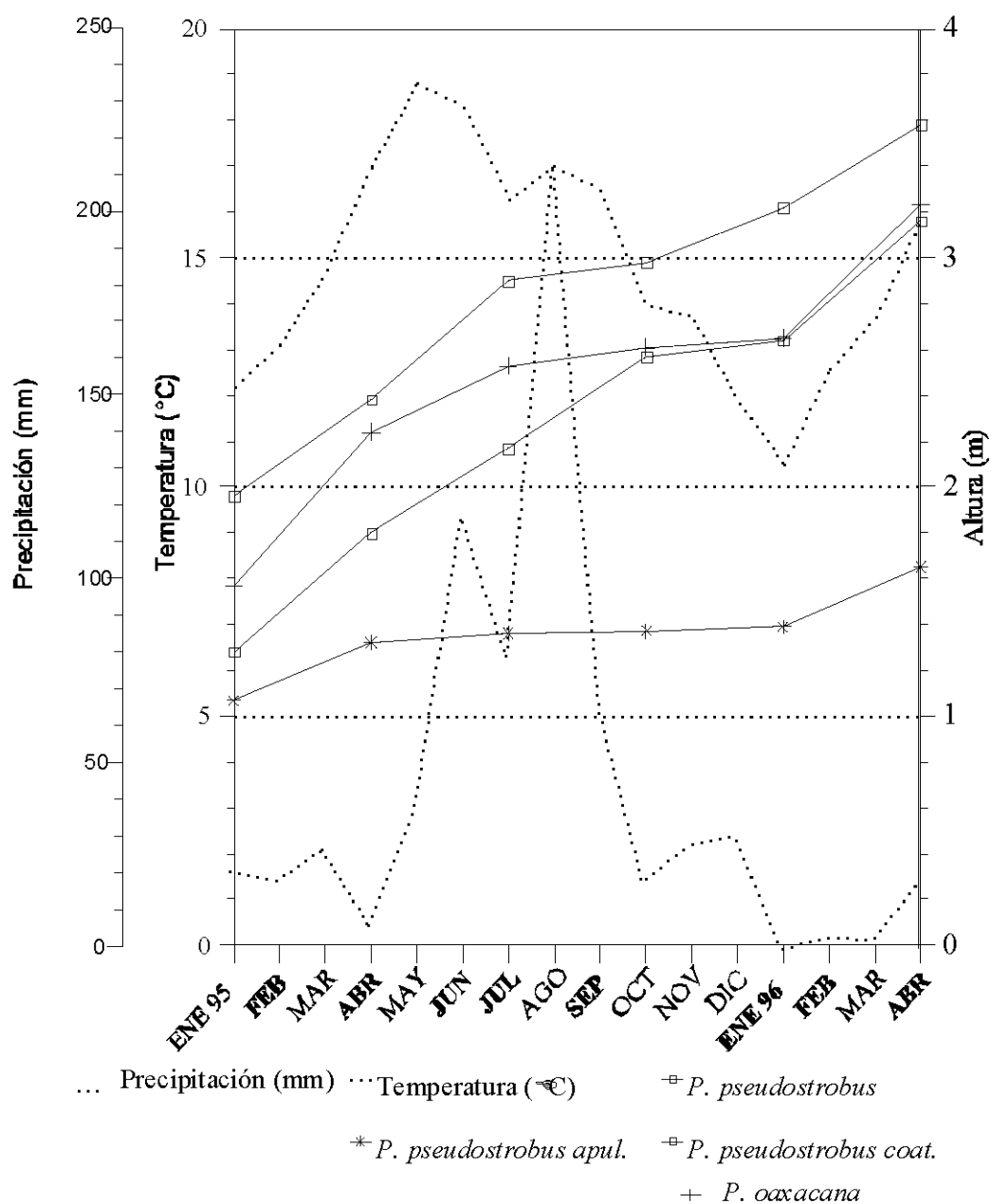


Figura 20. Comparación de crecimiento en altura de los pinos de la Sección *Pseudostrobus*, con la temperatura y la precipitación

En *P. michoacana*, se observa un crecimiento lento de enero a abril cuando asciende la temperatura, y mayor de abril a julio cuando asciende la precipitación, seguido de un estado de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996 cuando desciende precipitación y temperatura, y rápido de enero a abril de 1996. Para *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie permaneció en dormancia de julio de 1995 a enero 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En *P. pseudostrobilus*, presenta un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando asciende temperatura y precipitación, con letargo de julio a octubre, y mayor crecimiento de octubre de 1995 a abril de 1996, aun con baja precipitación. Para *P. Pseudostrobilus* var *apulcensis* el crecimiento es lento de enero a abril cuando asciende temperatura, seguido de un prolongado estado de latencia de abril de 1995 a enero de 1996 e interrupción en abril de 1996. En *P. oaxacana*, se observa un crecimiento mayor de enero a abril cuando asciende temperatura, y menor de abril a julio aun cuando en estos meses asciende la precipitación, al igual que para el mes de agosto cuando es mayor la precipitación y la especie permanece en latencia de julio de 1995 a enero de 1996 que es interrumpido de enero a abril de 1996. Para *P. pseudostrobilus* var. *coatepecensis*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor en agosto la especie permaneció en latencia de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En general para la Sección *Rudis*, *P. hartwegii* muestra un crecimiento mayor para los meses de enero a abril de ambos años.

Para la Sección *Michoacana*, se observa el mismo patrón de crecimiento en *P. michoacana* y *P. michoacana* var. *cornuta* tanto en el período de reposo como en el de crecimiento.

Así de tal forma la Sección *Pseudostrobilus*, se observa un mayor grado de crecimiento de enero a julio, excepto para *P. pseudostrobilus* var. *apulcensis* que entra en letargo desde abril de 1995.

En la Sección *Serotinae*, Subsección *Patula*, Subsección *Oocarpa* y Secciones *Teocote* y *Caribaea* (Figura 21) durante el período de evaluación, se observó para cada una de las especies lo siguiente:

En *P. radiata*, se observa un crecimiento lento pero constante de enero de 1995 a abril de 1996. En tanto que para *P. greggii*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando ascienden tanto precipitación como temperatura y menor pero constante de julio de 1995 a enero de 1996, y mayor de enero a abril de 1996 aun con precipitaciones bajas. En tanto que *P. patula*, muestra un crecimiento rápido y constante de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque en agosto se presentó la mayor precipitación la especie permaneció en dormancia de julio de 1995 a enero de 1996, y crecimiento lento de enero a abril de 1996.

Para *P. oocarpa*, se observa un crecimiento lento pero constante de enero a julio cuando ascienden tanto precipitación como temperatura aunque en agosto se presentó la mayor precipitación la especie permaneció en latencia de julio a octubre y de octubre de 1995 a enero de 1996, con mayor crecimiento y un segundo estado de latencia de enero a abril de 1996.

Para *P. pringlei*, se observa un crecimiento lento de enero a abril cuando asciende la temperatura, con mayor precipitación en agosto, y dormancia de abril a julio, para continuar con un crecimiento lento pero constante de abril a octubre y un segundo estado de dormancia de enero a abril de 1996.





Finalmente para *P. caribaea*, se observa un crecimiento lento pero constante de enero de 1995 a abril de 1996.

En general para la Subsección *Patula*, en *P. radiata*, *P. greggii* y *P. patula*, se observa que el período de mayor crecimiento para las tres especies es de enero a abril de 1995 y desciende de abril a julio, con un nuevo aumento de enero a abril de 1996 aun con la menor precipitación.

Para la Subsección *Oocarpa*, se observa crecimiento lento de enero a abril de 1995 con aumento casi constante para *P. tecunumanii*, *P. pringlei* y *P. oocarpa*, se observa el mismo patrón de crecimiento, excepto por el período de reposo que se presenta para *P. oocarpa* de julio a octubre. Para *P. pringlei* de abril a julio y de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Teocote* en *P. teocote*, se observa un período de mayor crecimiento de enero a julio y de enero a abril de 1996.

Finalmente para la Sección *Caribaea* en *P. caribaea*, se observa mayor crecimiento de enero a abril de ambos años, con un crecimiento menor y constante de abril a enero de 1995.

Comparando las alturas para las Secciones Figura 22, se observa que las especies con mayor incremento en crecimiento son: *P. greggii*, *P. tecunumanii*, *P. patula*, *P. oaxacana* y *P. pseudostrobus* var. *coatepecensis* y las que menor incremento presentaron son: *P. culminicola*, y *P. radiata*, con crecimiento medio son: *P. leiophylla*, *P. montezumae* var. *lindleyi*, *P. teocote*, *P. michoacana*, *P. michoacana* var. *cornuta*, *P. oocarpa*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. lumholtzii*, *P. pringlei*, *P. maximartinezii* y *P. caribaea*. Por lo tanto las Secciones que mayor crecimiento mostraron son: la Sección *Pseudostrobus*, con la Subsección *Oaxacana* y la Sección *Serotinae* con la Subsección *Patula*.

#### Longitud del brote apical del eje

En la Sección *Cembra*, Sección *Paracembra*, Subsección *Cembroides* y *Pinceana* Figuras 23 y 24 durante el período de evaluación, se observó para cada una de las especies lo siguiente:

Para *P. ayacahuite* var. *brachyptera*, se observa un crecimiento rápido y constante en la longitud apical de enero a julio cuando comienza a ser ascendente precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque en el mes de agosto se presentó mayor precipitación la especie se mantuvo en dormancia de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996. En *P. ayacahuite* var. *veitchii*, se observa un crecimiento rápido y constante en la longitud apical del brote de enero a julio, meses en los cuales asciende precipitación y temperatura con un crecimiento mayor de julio a octubre, período en el cual es mayor la precipitación y menor de octubre de 1995 a enero de 1996 cuando desciende la precipitación, y una segunda fase de crecimiento continuo de enero a abril de 1996. Para *P. ayacahuite*, se observa un crecimiento apical rápido y constante de enero a octubre, meses en los cuales se presenta la mayor precipitación y temperatura, con un estado de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996, período en cual desciende la precipitación e interrupción de enero a abril de 1996.

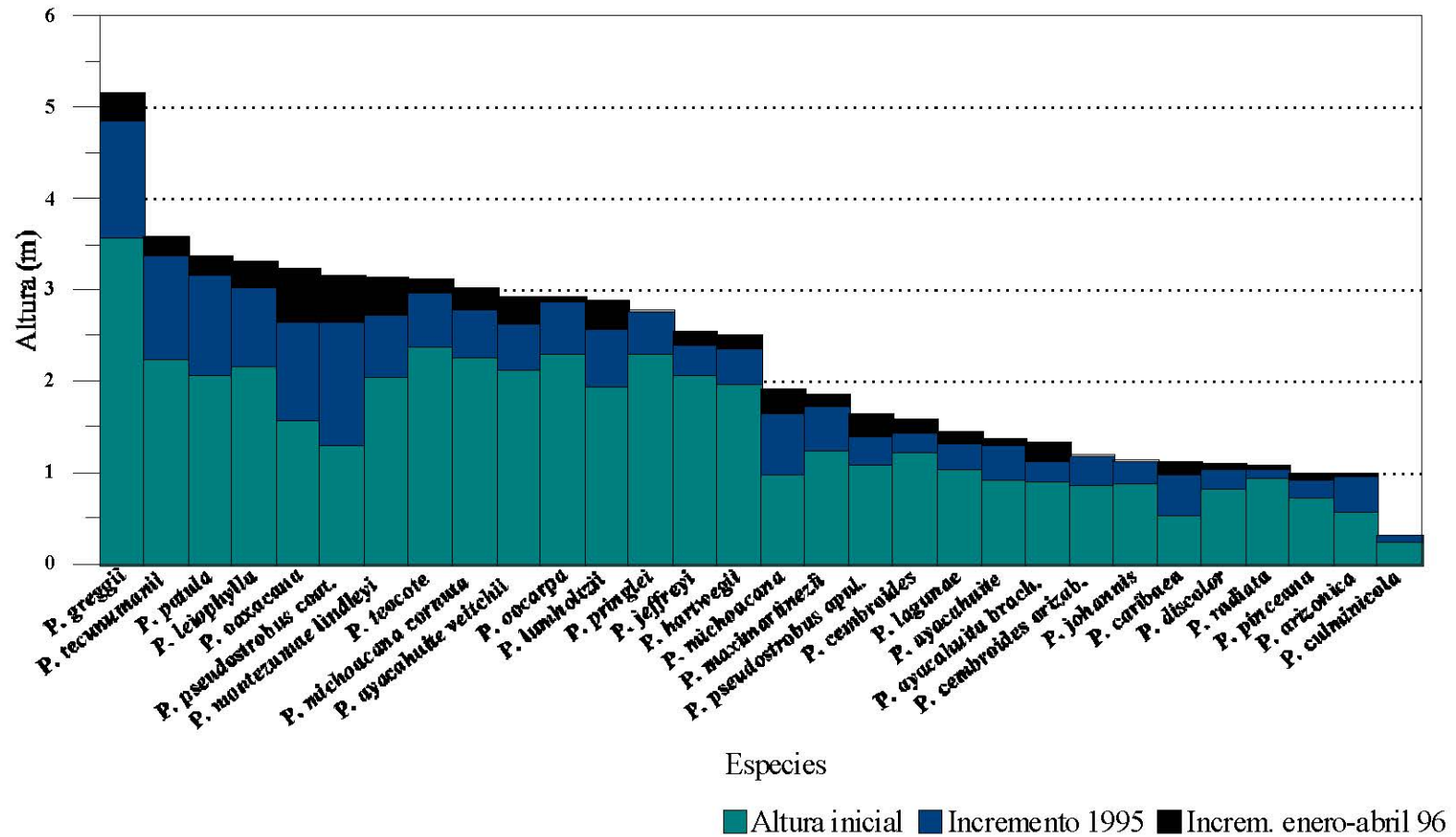


Figura 22. Comparación de altura inicial con incrementos de las especies del *Pinetum* Cuautitlán Izcalli.

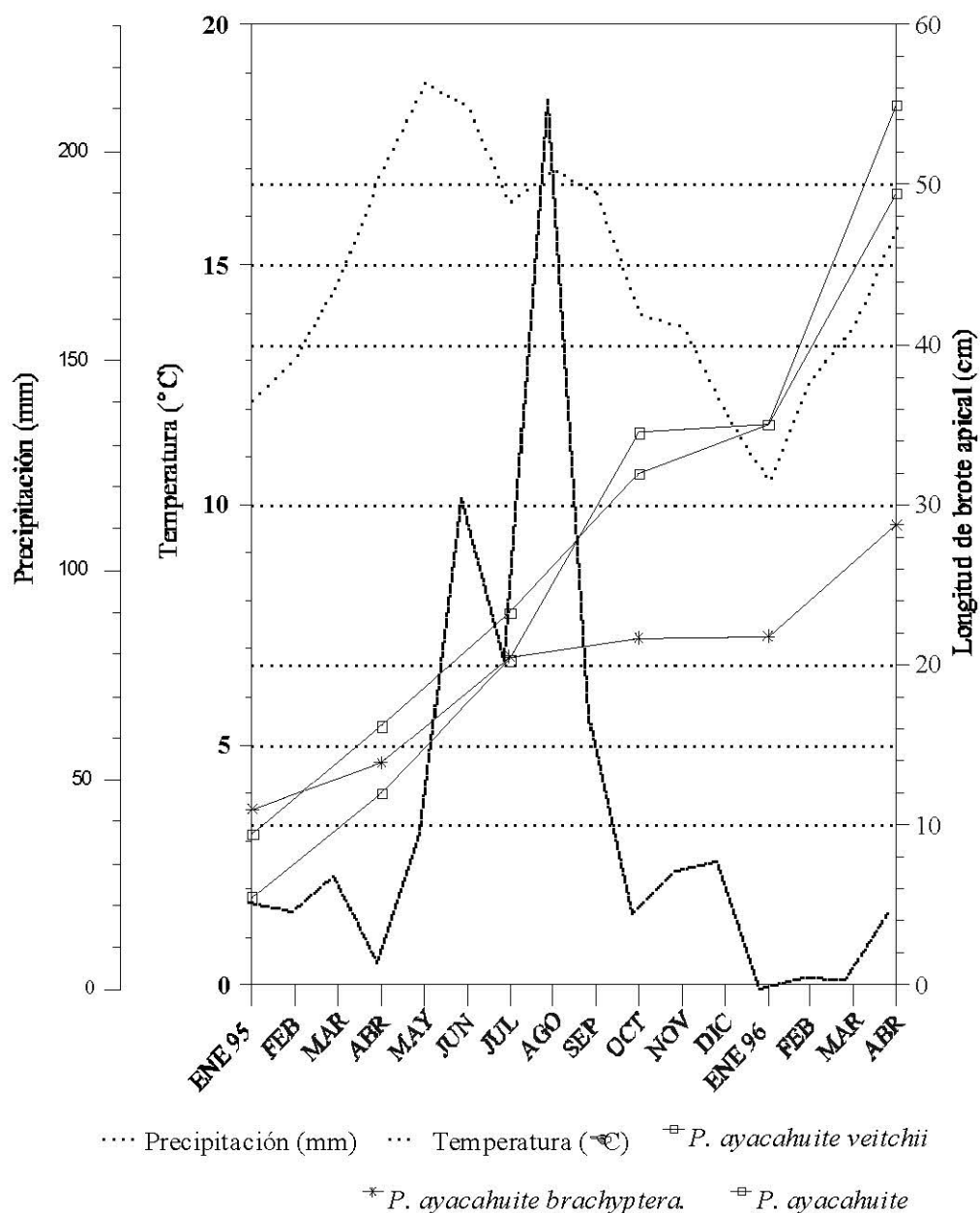


Figura 23. Comparación del crecimiento del brote apical (cm) de los pinos de la Sección Cembra, con la temperatura y precipitación.

Para *P. cembroides*, se observa un crecimiento rápido y constante en la longitud apical de enero a julio, período en el cual ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto la especie se mantuvo en estado de dormancia

de julio de 1995 a enero de 1996, con interrupción de enero a abril de 1996. En *P. cembroides* sub. sp. *orizabensis*, se observa un ligero estado de dormancia de enero a abril cuando comienza a ser ascendente la temperatura, seguido de un crecimiento apical constante de abril de 1995 a abril de 1996.

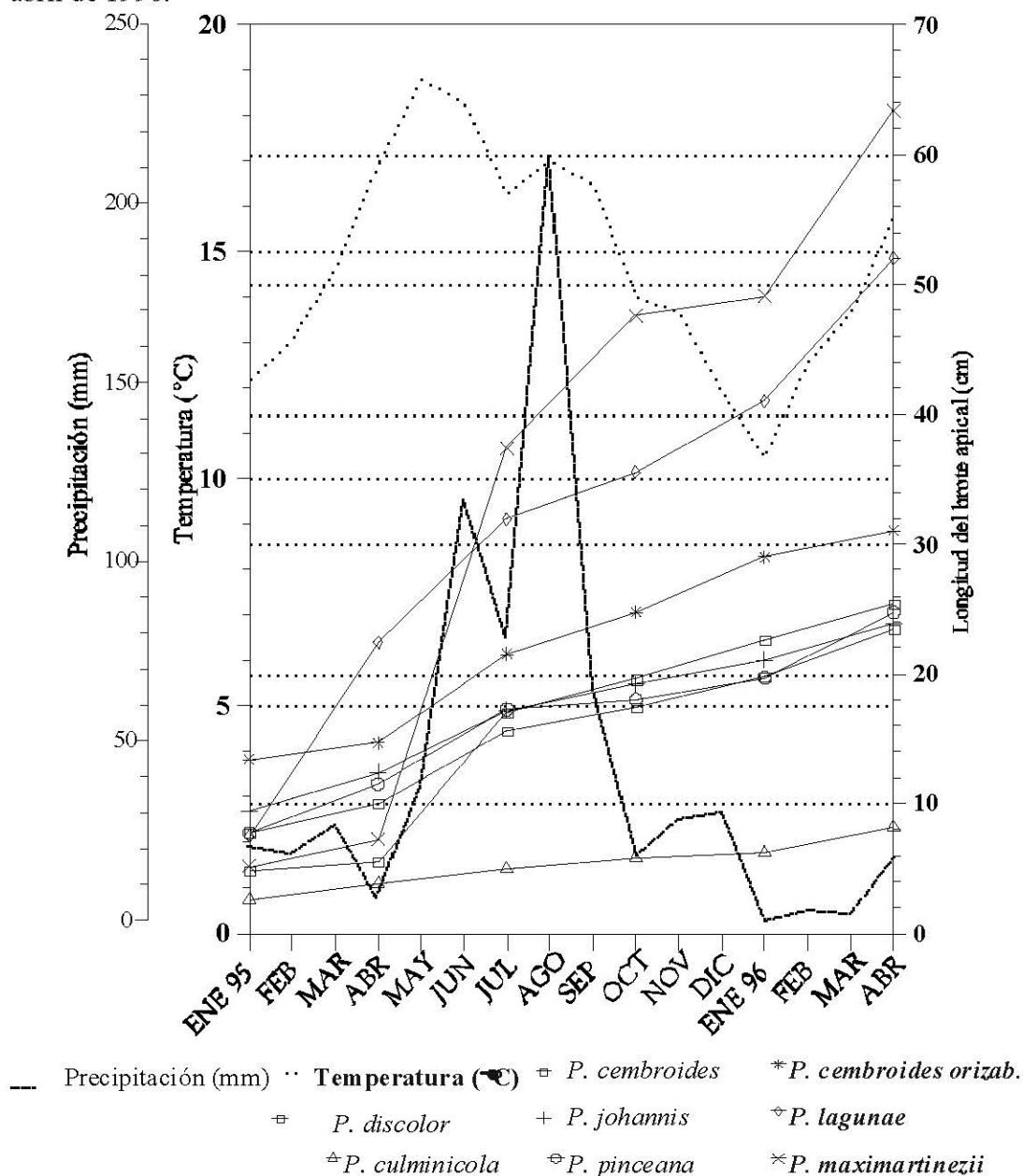


Figura 24. Comparación del crecimiento del brote apical (cm) de los pinos de la Sección Paracembra, con la temperatura y la precipitación

En tanto que *P. discolor*, presenta letargo de enero a abril, con crecimiento rápido de abril a julio y precipitación alta en junio a agosto, con letargo de julio a octubre e interrupción de octubre de 1995 a abril de 1996.

A diferencia de *P. johannis*, que presenta un crecimiento lento de enero a abril cuando asciende la temperatura, y mayor de abril a octubre a mayor precipitación, seguido de un estado de reposo de octubre de 1995 a abril de 1996, que es cuando desciende precipitación y temperatura.

En *P. lagunae*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a julio, e incremento de la precipitación, seguido de un estado de reposo de julio a octubre e interrupción de octubre de 1995 a enero de 1996, que se prolonga en forma constante de octubre de 1995 a abril de 1996.

Para *P. culminicola*, se observa una longitud del brote apical constante de enero de 1995 a abril de 1996. En *P. pinceana*, el crecimiento longitudinal es rápido y constante de enero a julio con precipitación y la temperatura ascendente, con mayor precipitación en agosto y estado de letargo de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

Finalmente para *P. maximartinezii*, se presenta un crecimiento apical lento de enero a abril y en aumento de abril a julio, cuando asciende precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie presentó menor crecimiento de julio a octubre, con un estado de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En general para la Subsección *Pinceana*, en *P. pinceana*, se observa un crecimiento lento a diferencia de *P. maximartinezii* que presenta mayor crecimiento de abril a julio y de enero a abril cuando asciende la temperatura.

En general para la Sección *Cembra*, se observa que las tres especies presentan un crecimiento apical constante y similar de enero a julio, e incremento de la precipitación. Sin embargo, aunque la precipitación fue menor para los últimos meses de registro. Para *P. ayacahuite veitchii* y *P. ayacahuite*, se observa buen crecimiento de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Paracembra*, se presenta un crecimiento mayor entre abril y julio, meses en los cuales comenzó a ascender la precipitación y períodos de letargo de enero a abril de 1995, excepto para *P. lagunae* que inicia su elongación desde enero estando aun en mayor grado fases de dormancia entre julio de 1995 y enero de 1996, excepto para *P. cembroides orizabensis*, que mantiene un incremento de la longitud casi constante a partir de abril de 1995.

En la Sección *Leiophyllae*, *Ponderosae* y *Montezumae*, Subsección *Montezumae* Figura 25, se observa para cada una de las especies lo siguiente.

Para *P. leiophylla*, se observa un crecimiento apical rápido y constante de enero a julio, cuando asciende precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque agosto haya sido el mes con mayor precipitación la especie mostró estado de letargo de julio a octubre para continuar la fase de crecimiento constante hasta abril de 1996.

En *P. lumholtzii*, la longitud apical en crecimiento es lenta de enero a abril y mayor de abril a julio aun con precipitación alta, la especie permaneció en estado de letargo de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

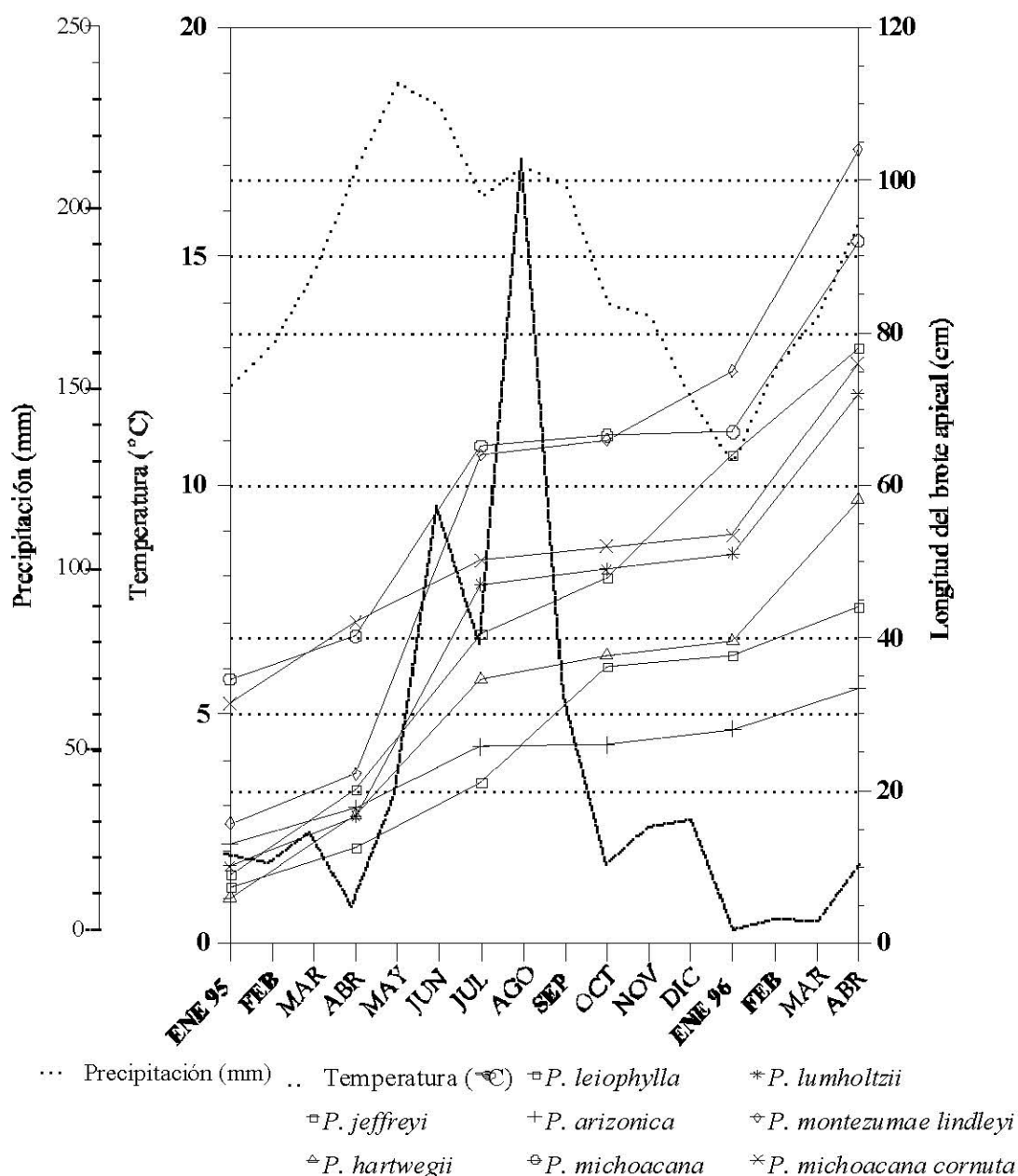


Figura 25. Comparación del crecimiento del brote apical (cm) de los pinos de la Sección *Leiophylla*, *Ponderosae* y *Montezumae*, con la temperatura y la precipitación

De tal manera en *P. jeffreyi*, se presenta un crecimiento rápido y constante en el brote apical de enero a octubre, meses en los cuales asciende precipitación y temperatura, con un estado de latencia de octubre de 1995 a enero de 1996 cuando desciende la precipitación, y lento de enero a abril de 1996.

Para *P. arizonica*, se observa un crecimiento rápido y constante en la longitud apical de enero a julio con alta precipitación en junio, y aun con precipitación alta para el mes de agosto, la especie permaneció en letargo de julio de 1995 a enero de 1996, y un lento incremento del brote de enero a abril de 1996.

Finalmente en *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa un crecimiento mayor de abril a julio cuando se incrementa la precipitación. Sin embargo, aunque en agosto se presentó la mayor precipitación, la especie permaneció en estado de letargo de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En la Sección *Leiophyllae*, se presenta un patrón de crecimiento muy similar, excepto por el período de reposo que presenta *P. lumholtzii* de julio a enero, aun con la mayor precipitación, se observa que las especies muestran letargo de julio a enero, con dominancia en el incremento de la longitud apical de abril a julio y de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Ponderosae*, se observa un patrón de crecimiento muy similar de enero a julio y de octubre a abril, pero de julio a octubre, *P. arizonica* presenta dormancia a pesar de la precipitación alta, para el mes de agosto, a diferencia de *P. jeffreyi* que continua con la fase de crecimiento.

Para la Sección *Montezumae* en *P. montezumae* var. *lindleyi*, se presenta mayor crecimiento de abril a julio de 1995 y de enero a abril de 1996 cuando asciende precipitación y temperatura.

Para la Subsección *Rudis* y *Michoacana*, Sección *Pseudostrobus*, Subsección *Pseudostrobus* y *Oaxacana* Figura 26, durante el período de evaluación, se observa para cada una de las especies lo siguiente.

Para *P. hartwegii*, se observa un crecimiento apical lento y constante de enero a julio, aun con alta precipitación en agosto, la especie presentó letargo de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En *P. michoacana* el crecimiento es lento de enero a abril y mayor de abril a julio cuando son ascendentes precipitación y temperatura, aun cuando en agosto la precipitación fue mayor la especie mostró dormancia de julio de 1995 a enero de 1996, e interrupción de enero a abril de 1996. En tanto que para *P. michoacana cormuta*, se presenta un crecimiento lento y constante de enero a julio con presencia de letargo en agosto, que continua de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

En *P. pseudostrobus*, se presenta un ligero estado de letargo de enero a abril y un lento crecimiento de abril a julio cuando asciende precipitación y temperatura, para entrar después en un estado de dormancia de julio a octubre, aun cuando en agosto se haya presentado la mayor precipitación, y crecimiento mayor de octubre a abril de 1996. Así *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, muestra un crecimiento lento y constante de enero de 1995 a abril de 1996. A diferencia de *P. oaxacana*, cuyo crecimiento apical es rápido y constante de enero a julio cuando ascienden precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie mostró letargo de julio de 1995 a enero de 1996 con interrupción de enero a abril de 1996. En tanto que para *P. pseudostrobus* var. *coatepecensis* el crecimiento es lento de enero a abril y mayor de abril a julio cuando asciende precipitación y temperatura, para entrar después en estado de letargo de julio a enero e interrupción del letargo de enero a abril de 1996.





Para *P. patula* el crecimiento apical es rápido y constante de enero a julio cuando se incrementa precipitación, para entrar en un ligero estado de letargo de julio de 1995 a enero de 1996, aun cuando en agosto se haya presentado la mayor precipitación y continuar con su crecimiento apical de enero a abril 1996.

En general para la Sección *Rudis*, se observa mayor crecimiento de enero a julio y de enero a abril de 1996 para *P. hartwegii*, cuando asciende precipitación y temperatura.

En la Subsección *Michoacana* las especies presentan el mismo patrón de crecimiento, con la diferencia de que *P. michoacana* se desarrolla con mayor rapidez que *P. michoacana* var. *Cornuta*.

En general para la Sección *Pseudostrobus*, se observa que *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* es la especie que menor grado de crecimiento apical muestra, a diferencia de las demás especies que muestran parámetros de crecimiento más puntuales aun con sus estados de dormancia.

En la Sección *Serotinae*, Subsección *Oocarpa*, Sección *Teocote* y *Caribaea* Figura 27 durante el período de evaluación, se puede observar para cada una de las especies lo siguiente:

En *P. oocarpa* el crecimiento apical es lento de enero a abril y rápido de abril a octubre cuando se presenta mayor precipitación, con un ligero estado de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

Para *P. pringlei* el crecimiento es lento y constante de enero de 1995 a enero de 1996, con un ligero estado de letargo de enero a abril de 1996 cuando desciende la precipitación.

En *P. tecunumanii* el crecimiento apical es lento de enero a abril y mayor de abril a julio, cuando es mayor precipitación, para entrar después en un ligero estado de latencia de octubre a enero cuando desciende la precipitación, y continuar el crecimiento hasta abril de 1996.

A diferencia de *P. teocote* cuyo crecimiento es lento de enero a abril, y mayor de abril a julio cuando son ascendentes precipitación y temperatura, aun cuando en agosto se haya presentado la mayor precipitación, este disminuye de julio de 1995 a enero de 1996 y con un incremento nuevo de enero a abril de 1996.

Finalmente en *P. caribaea*, se presenta un crecimiento lento y constante de enero a octubre con mayor temperatura y precipitación, y un ligero aumento de octubre de 1995 a enero de 1996, y mayor de enero a abril de 1996 aun con precipitación menor.



Para la Sección *Teocote* para *P. teocote*, se observa mayor crecimiento de abril a julio cuando asciende la precipitación.

Finalmente para la Sección *Caribaea* en *P. caribaea*, se observa un crecimiento mayor y constante de enero a octubre, período en el cual es mayor la precipitación.

#### Longitud del brote lateral

Para la Sección *Cembra*, Sección *Paracembra*, Subsección *Cembroides* y *Pinceana* Figuras 28 y 29 durante el período de evaluación se puede apreciar para cada una de las especies lo siguiente:

Para *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera*, se observa un crecimiento lento de enero a abril cuando asciende temperatura, y rápido de abril a octubre cuando es mayor la precipitación, seguido de un reposo de octubre a enero cuando descienden precipitación y temperatura, y de enero a abril con crecimiento mayor. En *P. ayacahuite* var. *veitchii*, se observa un crecimiento lento de enero a abril cuando se asciende la temperatura, con aumento de abril de 1995 a enero de 1996 con crecimiento rápido constante de enero a abril de 1996. En tanto que *P. ayacahuite*, presenta un crecimiento lento pero constante de enero a julio, cuando comienza a ascender precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie permaneció en letargo de julio a enero, e interrupción del letargo de enero a abril de 1996.

De tal forma *P. cembroides*, presenta latencia de enero a abril, con crecimiento rápido y constante de abril a octubre, con mayor precipitación y un segundo estado de latencia de octubre a enero e interrupción de enero a abril de 1996, con mayor crecimiento. En *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero de 1995 a abril de 1996, con un incremento mayor en la longitud de enero a abril de 1996.

Para *P. discolor*, Figura 30 y Figura 5 de temperatura y precipitación durante el período de evaluación, se observa un crecimiento lento de enero a abril, cuando se incrementa la temperatura y mayor de abril a julio, cuando asciende precipitación, con longitud en crecimiento rápido y constante de julio a enero, con mayor precipitación y crecimiento continuo de enero a abril de 1996.

En tanto que *P. johannis*, presenta un crecimiento rápido y constante de enero a octubre, cuando asciende temperatura y precipitación, seguido de un estado de letargo de octubre de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.

*P. lagunae* el crecimiento es rápido y constante de enero de 1995 a enero de 1996, con mayor crecimiento de enero a abril.

Para *P. culminicola* el crecimiento es lento pero constante de enero a julio, con mayor precipitación en junio. Sin embargo, la especie entra en estado de latencia de julio de 1995 a enero de 1996 e interrupción de enero a abril de 1996.



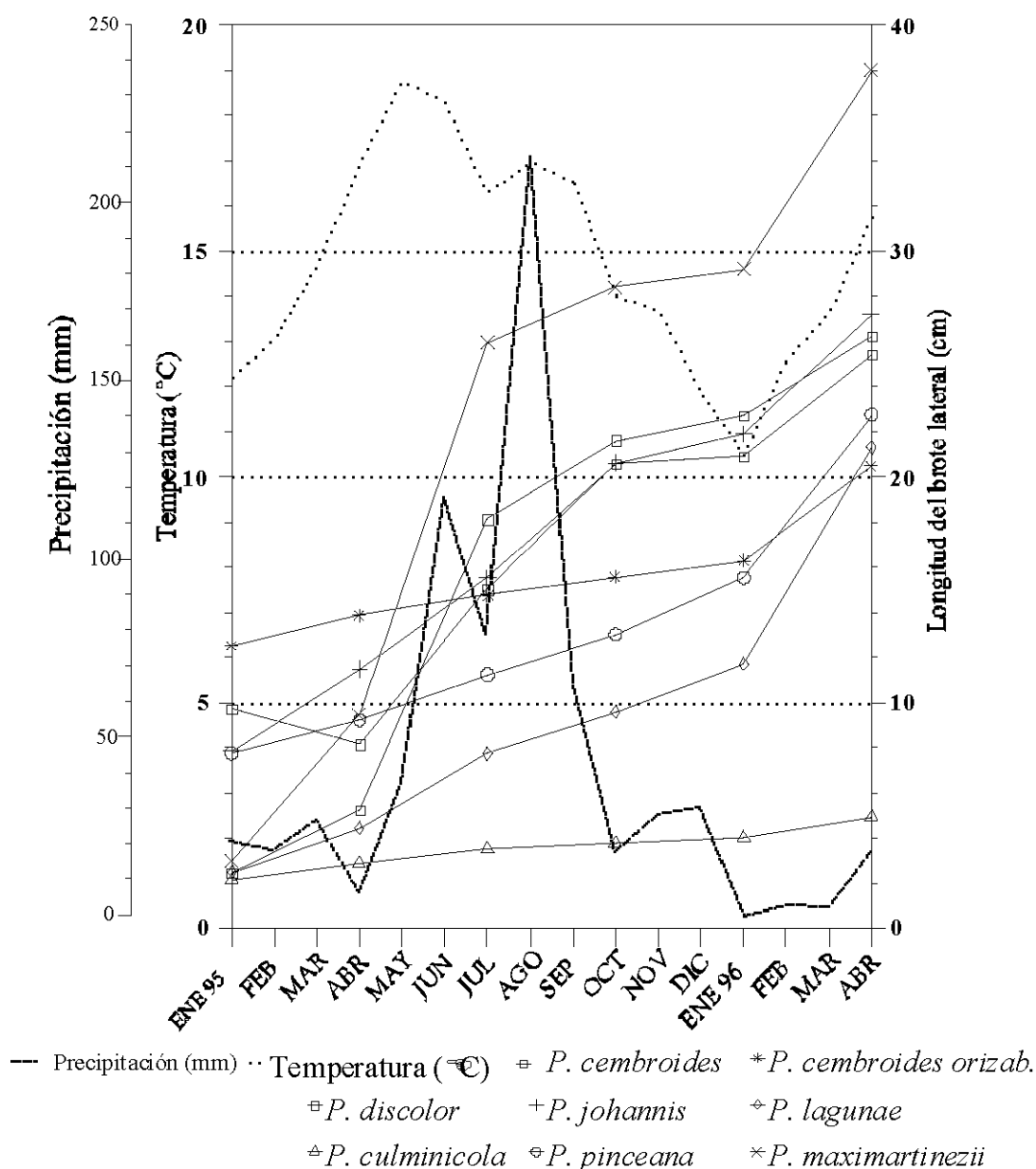


Figura 29. Comparación de el crecimiento del brote lateral (cm) de los pinos de la Sección Paracembra, con la temperatura y la precipitación

Generalizando para la Subsección *Pinceana* *P. maximartinezii*, presenta un crecimiento constante a pesar de que en junio y agosto se haya presentado la mayor precipitación.

Para la Sección *Cembra* las especies presentan un crecimiento muy similar, excepto para *P. ayacahuite* var. *veitchii*, que desarrolla los brotes con mayor rapidez y dominancia en crecimiento de enero a abril de 1996, que es cuando comienza a ascender la temperatura.

Para la Sección *Paracembra* podemos observar que las especies mantienen un ritmo de crecimiento en el brote lateral muy similar, excepto *P. culminicola* que mantiene un crecimiento

lento y constante durante el ciclo a pesar de que en junio y agosto se haya presentado la mayor precipitación.

Para la Sección *Leiophyllae*, *Ponderosae* y Sección *Montezumae* Figura 30, durante el período de evaluación apreciamos para cada una de las especies lo siguiente:

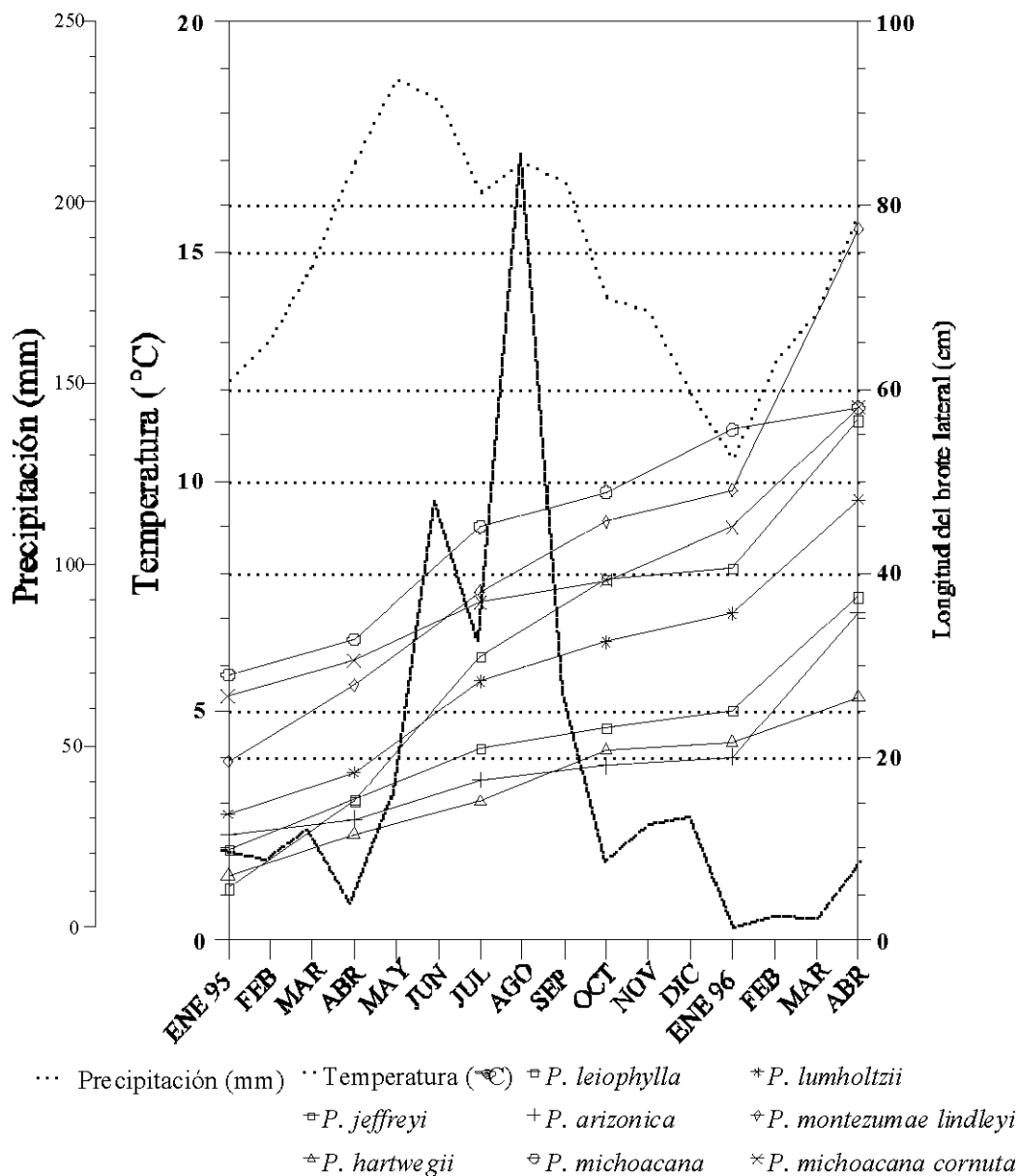


Figura 30. Comparación de el crecimiento del brote lateral (cm) de los pinos de la Sección *Leiophylla*, *Ponderosae* y *Montezumae*, con la temperatura y la precipitación

En *P. leiophylla*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a octubre cuando asciende la temperatura y precipitación, y de octubre de 1995 a enero de 1996 entra en un estado de reposo cuando descende la precipitación, e interrupción de enero a abril de 1996.

Para *P. lumholtzii* el crecimiento es rápido y constante de enero a julio cuando asciende precipitación y temperatura. Sin embargo, aunque en agosto se presentó la mayor precipitación durante el año, la especie muestra un crecimiento lento de julio de 1995 a enero de 1996, y mayor de enero a abril de 1996.

A diferencia de *P. jeffreyi*, que presenta un crecimiento rápido y constante del brote de enero de 1995 a abril de 1996, aun en los meses con poca precipitación, y mayor de enero a abril de 1996.

Para *P. arizonica*, se observa un período de dormancia de enero a abril cuando asciende precipitación y temperatura, a pesar de que en agosto se presenta la mayor precipitación, la especie presenta un crecimiento lento pero constante de abril a octubre, seguido de un estado de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996, con un aumento mayor de enero a abril de 1996.

Finalmente en *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa un período de crecimiento rápido y constante de enero a octubre cuando asciende la temperatura y precipitación, con un estado de reposo de octubre de 1995 a enero de 1996, y mayor de enero a abril de 1996.

En la Sección *Leiophyllae*, se observa un patrón de crecimiento muy similar en *P. leiophylla* y *P. lumholtzii*, con crecimiento dominante de enero a abril de 1996 cuando asciende la temperatura.

Para la Sección *Ponderosae* las especies *P. tecunumanii* y *P. jeffreyi* muestran un patrón de crecimiento con períodos de dormancia cortos.

Para la Sección *Montezumae* en *P. montezumae* var. *lindleyi* el mayor crecimiento se presenta de enero a abril de 1996.

En la Subsección *Rudis* y *Michoacana*, Sección *Pseudostrobus* y Subsecciones *Pseudostrobus* y *Oaxacana* (Figura 31) durante el período de evaluación, se observó lo siguiente:

En *P. hartwegii* el crecimiento es rápido y constante de enero a octubre, cuando asciende temperatura y precipitación, con un estado de dormancia de enero a abril de 1996.

Para *P. michoacana*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a octubre cuando asciende precipitación y temperatura, con un ligero estado de dormancia de octubre de 1995 a abril de 1996 cuando desciende la precipitación. En tanto que para *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa de la misma manera un crecimiento rápido, y constante de enero a julio con mayor precipitación en junio, que es interrumpida de octubre de 1995 a abril de 1996.





presenta crecimiento rápido y constante de enero a octubre cuando la precipitación es alta, y de octubre de 1995 a enero 1996 entra en un ligero estado de dormancia, e interrupción de enero a abril con mayor crecimiento.

En general para la Subsección *Rudis* *P. hartwegii* muestra mayor elongación de abril a julio y de enero a abril de 1996 cuando asciende temperatura y precipitación.

Para la Subsección *Michoacana*, se observa mayor crecimiento para los meses de abril a julio. Para *P. michoacana* y *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa mayor crecimiento de enero a abril de 1996, cuando ascienden temperatura y precipitación.

Generalizando para la Sección *Pseudostrobus*, se puede apreciar que *P. pseudostrobus* y *P. pseudostrobus apulcensis*, presentan el mismo patrón de crecimiento, con la diferencia de que *P. pseudostrobus* presenta mayor crecimiento de abril a julio cuando ascienden precipitación y temperatura, y de enero a abril de 1996. A diferencia de *P. oaxacana* y *P. pseudostrobus coatepecensis* que presentan un crecimiento rápido y constante de enero de 1995 a enero de 1996, con mayor precipitación de junio a agosto, y crecimiento dominante de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Serotinae*, Subsección *Patula* y *Oocarpa*, Sección *Teocote* y *Caribaea* Figura 32 durante el período de evaluación se aprecia para cada una de las especies lo siguiente:

Para *P. radiata*, se observa un estado de reposo de enero a abril, que se interrumpe de abril a julio cuando asciende la precipitación, con crecimiento lento pero constante de abril de 1995 a enero de 1996, y fase de crecimiento de enero a abril de 1996.

En *P. greggii*, se observa un crecimiento rápido y constante de enero a octubre cuando se presenta mayor precipitación, y lento de octubre de 1995 a enero de 1996, con incremento mayor de enero a abril de 1996.

En tanto que *P. patula*, muestra un período corto de reposo de enero a abril, seguido de un crecimiento rápido y constante de abril a octubre cuando asciende precipitación, y menor de octubre de 1995 a enero de 1996, y un incremento mayor de enero a abril de 1996.

A diferencia de *P. oocarpa*, que muestra un período leve de reposo de enero a abril y rápido de abril a julio cuando asciende la precipitación. Sin embargo, aunque la precipitación fue mayor para el mes de agosto, la especie mostró reposo de julio de 1995 a enero de 1996, con crecimiento continuo hasta abril de 1996.

El crecimiento longitudinal para *P. pringlei*, es lento y constante de enero a julio, meses en los que asciende precipitación y temperatura con aumento de julio a octubre, aun cuando la mayor precipitación se presentó en agosto, seguido de un crecimiento lento y constante de octubre a abril, similar al de enero a julio de 1995.

Para *P. tecunumanii*, el crecimiento longitudinal es rápido y constante de enero de 1995 a enero de 1996 con mayor precipitación de junio a agosto, y menor de enero a abril de 1996.



En general para la Subsección *Patula*, se observa un patrón de crecimiento muy similar para *P. greggii* y *P. patula*, a diferencia de *P. radiata* que mantiene un crecimiento longitudinal menor pero constante.

Para la Subsección *Oocarpa*, se puede apreciar que *P. pringlei* y *P. tecunumanii*, presentan un patrón de crecimiento muy similar, a diferencia de *P. oocarpa* que presenta dos fases de crecimiento en ascenso de abril a julio y de enero a abril, y uno más de julio de 1995 a enero de 1996.

En general para la Sección *Teocote*, *P. teocote* mantiene un período de dormancia de enero a abril de 1995, y sigue su crecimiento longitudinal en forma constante hasta el mes de abril de 1996.

Para la Sección *Caribaea*, *P. caribaea* muestra un crecimiento constante con un solo período de dormancia de octubre de 1995 a enero de 1996.

Con respecto al incremento de las longitudes apical y lateral Figura 33, se puede observar que las especies con mayor incremento en la longitud del brote apical son: *P. tecunumanii*, *P. pringlei*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. greggii*, *P. pseudostrobilus coatepecensis*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobilus*, *P. montezumae lindleyi* y *P. leiophylla*.

En tanto que para las del brote lateral son: *P. tecunumanii*, *P. pringlei*, *P. patula*, *P. greggii*, *P. pseudostrobilus coatepecensis*, *P. oaxacana*, *P. montezumae var lindleyi*, *P. pseudostrobilus*, *P. leiophylla* y *P. ayacahuite var. veitchii*.

Con esto, se observa que la mayoría de las especies que aparecen como representativas para ambos parámetros son muy similares mismas.

Por otro lado las especies con menor incremento en ambos parámetros son: *P. radiata*, *P. arizonica*, *P. pinceana*, *P. culminicola* y *P. ayacahuite var brachyptera*. Por lo tanto las Secciones que mayor crecimiento mostraron son; la Sección *Pseudostrobilus* y la Sección *Serotinae*.

#### Número de verticilos

En la Figura 34 de la Sección *Cembra*, Sección *Paracembra*, Subsección *Cembroides* y *Pinceana*, se observa para cada una de las especies lo siguiente:

Para *P. ayacahuite*, se observa emisión lenta y constante de verticilos de enero a octubre, con un período de dormancia de octubre a enero, y una emisión mas de enero a abril de 1995. En *P. ayacahuite var. brachyptera*, la presencia de verticilos se manifiesta rápida y constantemente de enero a julio, seguido de un período de dormancia de julio a enero y una emisión mas de enero a abril. Así *P. ayacahuite var. veitchii*, muestra emisión de verticilos es de enero a abril, con un estado de reposo de abril a octubre, con rompimiento de octubre a enero, y un segundo período de reposo de enero a abril.

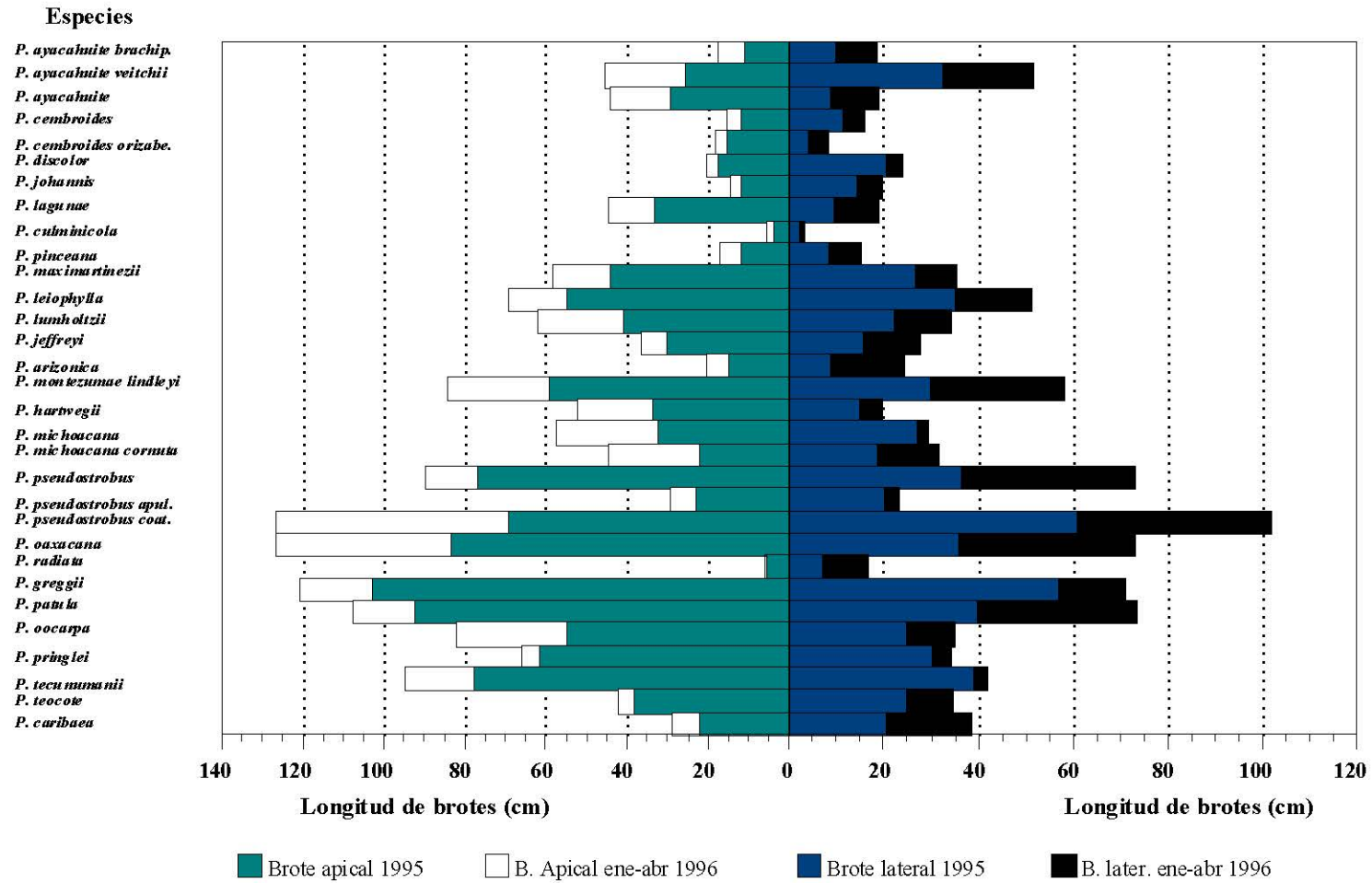


Figura 33. Comparación de incrementos del brote apical y lateral de las especies del Pinetum.

En tanto que para *P. cembroides*, la emisión es lenta pero constante en número de verticilos de enero a julio, y una emisión mayor de julio a octubre con un período de dormancia de octubre a abril.

A diferencia de *P. discolor* que durante el período de evaluación, se presenta emisión de verticilos es de enero a abril, y un prolongado estado de letargo de abril a enero, con emisión de verticilos de enero a abril.

En el caso de *P. lagunae*, la dormancia es de enero a abril, con emisión de verticilos en menor grado de abril a julio y mayor de julio a octubre, con un segundo período de dormancia de octubre a enero, y una emisión mas de enero a abril.

Para *P. cembroides* sub sp. *orizabensis*, se observa un período de dormancia de enero a abril, y emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo período de dormancia de julio a enero, y una emisión mas de verticilos de enero a abril.

De tal forma *P. johannis*, muestra reposo es de enero a abril, y emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo estado de reposo de julio enero con una nueva emisión de verticilos de enero a abril.

En *P. culminicola*, se observa reposo de enero a abril, y emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo período de reposo de julio a enero, y una emisión lenta en verticilos de enero a abril.

*P. pinceana*, presenta dormancia de enero a abril, y emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo período de dormancia prolongado de julio a abril.

Finalmente para *P. maximartinezii* la emisión de verticilos es de enero a abril y un estado de reposo de abril a julio, con una segunda emisión de verticilos de julio a octubre y un segundo período de reposo de octubre a enero, seguida de una tercera emisión de verticilos de enero a abril.

En general para la Subsección *Pinceana*, se observa que la emisión de verticilos para las especies, se ubica para diferentes meses y muy evidente para *P. maximartinezii* de enero a abril de 1996 y para *P. pinceana* de abril a julio.

Para la Sección *Cembra*, se observan fases con emisión de verticilos de enero a abril que se prolonga hasta julio. En *P. ayacahuite brachyptera* y *P. ayacahuite veitchii*, se observan períodos prolongados de letargo de enero a abril.

A diferencia de la Sección *Paracembra*, se pueden observar períodos prolongados de letargo de julio a enero para *P. culminicola*, *P. johannis* y *P. discolor* a diferencia de las demás especies que mantienen períodos de letargo en dos fases de enero a abril, y todas sin excepción de octubre a enero.

En la Sección *Leiophyllae* y *Ponderosae*, Sección *Montezumae* y Subsección *Montezumae* se puede apreciar para cada una de las especies lo siguiente en la Figura 34.

Para *P. leiophylla*, la emisión de verticilos es constante de enero de 1995 a abril de 1996, con un estado de reposo de enero a abril de 1996.

En tanto que para *P. lumholtzii*, la emisión de verticilos es lenta de enero a julio, con un estado de reposo de julio a enero, y una segunda emisión de verticilos de enero a abril.

En *P. jeffreyi*, se presenta latencia de enero a abril con una emisión lenta de abril a julio, y un segundo período de latencia de julio a enero que se interrumpe de enero a abril.

En *P. arizonica*, se observa reposo de enero a abril, con interrupción de abril a julio, y un segundo período de reposo de julio a enero, con una nueva emisión.

Así para *P. montezumae* var. *lindleyi*, se presenta período de letargo de enero a octubre, con la emisión de verticilos de octubre a abril.

Para la Sección *Leiophyllae*, *P. leiophylla* y *P. lumholtzii* muestran una emisión mayor de verticilos de enero de 1995 a abril de 1996.

En la Sección *Ponderosae*, se observa para ambas especies dominancia en la emisión de verticilos de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Montezumae*, se observa de la misma manera dominancia en la emisión de verticilos de enero a abril de 1996.

En la Figura 34. Subsección *Rudis* y *Michoacana*, Sección *Pseudostrobus*, Subsecciones *Pseudostrobus* y *Oaxacana*, se observa para cada una de las especies lo siguiente:

Para *P. hartwegii*, se observa reposo de enero a abril, y una emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo estado de reposo de julio a enero, con una segunda emisión de verticilos de enero a abril.

Para *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa dormancia de enero a julio y un lento incremento de julio a octubre, con una segunda fase de dormancia de octubre a enero, y un incremento mayor de verticilos de enero a abril. En *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* la emisión de verticilos es de enero a abril, y un período prolongado de dormancia de abril a enero, con una nueva emisión de verticilos de enero a abril de 1996.

En tanto que *P. oaxacana* muestra dormancia de enero a abril y una emisión lenta pero constante de abril a octubre, y mayor de octubre a enero, con una segunda fase de dormancia de enero a abril. Así mismo para *P. michoacana* que presenta dormancia de enero a abril, y una emisión lenta de verticilos de abril a julio, con un segundo estado de dormancia de julio a enero y una emisión más de verticilos de enero a abril de 1996.

En *P. pseudostrobus*, la emisión de verticilos es constante de enero a julio, y un estado de dormancia de julio a octubre, con mayor emisión de verticilos de octubre a enero, y menor de enero a abril.

Para *P. pseudostrobus* var. *coatepecensis*, la dormancia es de enero a abril, con un incremento mayor de verticilos de abril a octubre y un segundo estado de dormancia de octubre a enero, con una tercera emisión de verticilos de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Rudis* en *P. hartwegii*, se presenta la emisión de verticilos en mayor grado de enero a abril de 1995.

En la Subsección *Michoacana*, se observa para *P. michoacana* y *P. michoacana* var. *cornuta*, se observa de la misma manera la emisión mayor para los meses de enero a abril de 1996.

Para la Sección *Pseudostrobis*, se observa dominancia en la emisión de verticilos para los meses de octubre a enero. Para *P. pseudostrobis*, *P. pseudostrobis* var. *apulcensis* y *P. pseudostrobis* var. *coatepecensis* de enero a abril, a diferencia de *P. oaxacana* que la mayor emisión se presenta para los meses de octubre a enero.

En la Figura 34 de la Sección *Serotinae*, Subsección *Patula* y *Oocarpa*, Secciones *Teocote* y *Caribaea*, se observa para cada una de las especies lo siguiente:

Para *P. radiata*, se observa dormancia de enero a octubre, con emisión de verticilos de octubre a abril. En *P. patula* la emisión de verticilos es de enero a julio, con letargo de julio a enero, y una nueva emisión de enero a abril. A diferencia de *P. greggii* cuya emisión de verticilos es constante de enero de 1995 a abril de 1996, con una emisión menor de julio a enero.

En tanto que para *P. oocarpa*, se observa letargo de enero a abril y emisión de verticilos de abril a julio, con un segundo estado de letargo de julio a enero, y emisión lenta de enero a abril. De tal forma *P. pringlei*, presenta dormancia de enero a abril, con emisión de verticilos de abril a octubre, y segundo estado de dormancia de octubre a abril. En tanto que, para *P. tecunumanii*, se presenta latencia de enero a julio con emisión de verticilos de julio a enero, y un segundo estado de latencia de enero a abril de 1996.

En general para la Sección *Serotinae*, se observa dominancia en la emisión de verticilos de enero a abril de 1996. Para *P. patula* y *P. radiata*, a diferencia de *P. greggii*, se mantiene la emisión de verticilos en forma constante.

En la Subsección *Oocarpa*, se observa a *P. oocarpa* con la dominancia en la emisión de verticilos de abril a julio. Para *P. pringlei* de abril a octubre, en tanto que para *P. tecunumanii*, se presenta para los meses de octubre de 1995 a enero de 1996.

En la Sección *Teocote*, *P. teocote* emite verticilos con actividad lenta de enero a octubre.

Para la Sección *Caribaea*, *P. caribaea* presenta mayor emisión de verticilos de abril a enero.

En cuanto al número de verticilos producidos por las especies se observa en la Figura 34, que las especies que mayor emisión presentaron son: *P. leiophylla*, *P. greggii*, *P. lagunae*, *P. maximartinezii*, *P. pseudostrobis* var. *coatepecensis*, *P. patula*, *P. oocarpa* y *P. tecunumanii*. Lo cual demuestra de igual manera, que la Sección *Serotinae*, presentó un mayor número en la emisión de verticilos y en menor grado *P. ayacahuite*, *P. montezumae*, *P. radiata* entre otras.

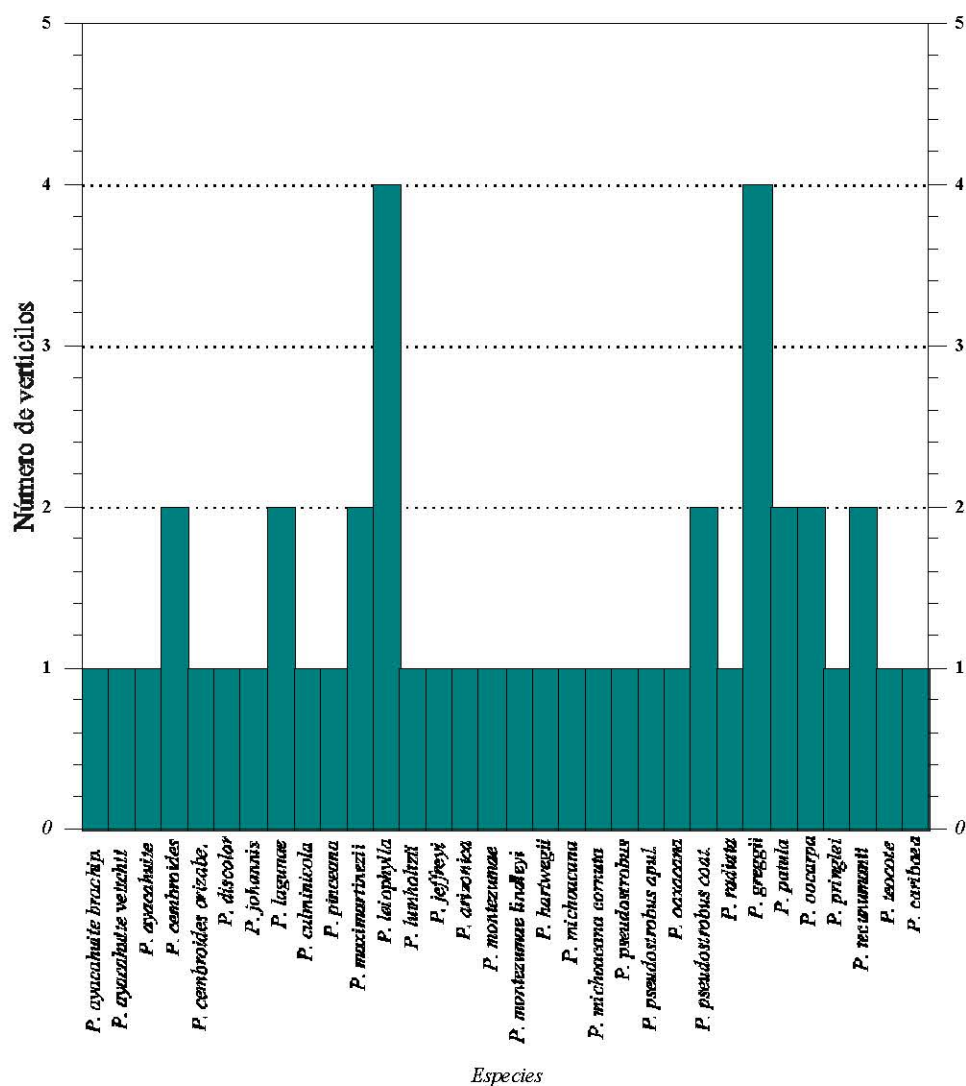


Figura 34. Número de verticilos producidos por las especies del Pinetum durante 1995

## Observaciones fenológicas

### Crecimiento vegetativo

En la Sección *Cembra* para *P. ayacahuite* var. *brachyptera* se observa Figura 35, un estado con la dominancia de yemas de septiembre a enero y emisión de primordios foliares de febrero a mayo, con pleno recubrimiento foliar de junio a julio y un total desarrollo de hojas en el mes de agosto. En *P. ayacahuite* var. *veitchii*, se observa un estado de dormancia con la dominancia de yemas de agosto a diciembre y emisión de primordios foliares de enero a abril, con pleno recubrimiento foliar de mayo a junio y total desarrollo hojas en julio. En tanto que para *P. ayacahuite* la dormancia de yemas es de agosto a



enero, con la emisión de primordios foliares de febrero a marzo y pleno recubrimiento foliar de abril a mayo, con total desarrollo de hojas de junio a julio.

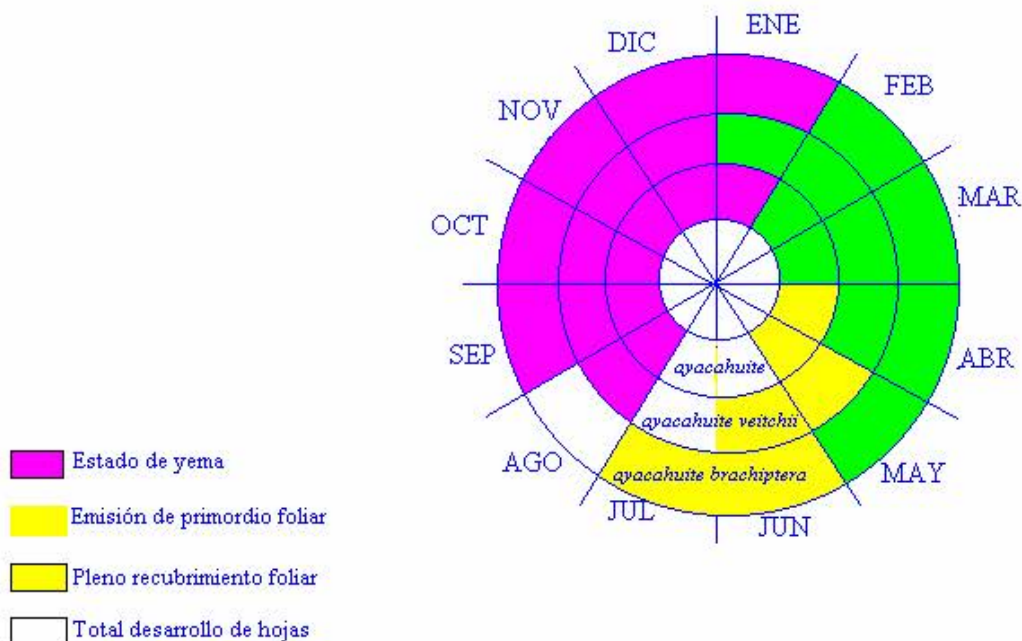


Figura 35. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Cembra*, mostrando las fenofases durante un año.

Para la Sección *Paracembra* Figura 36, se observa para *P. cembroides* sub sp *orizabensis* y *P. discolor*, la dominancia de yemas de octubre a marzo y emisión de primordios foliares de abril a junio, pleno recubrimiento foliar de julio a agosto y total desarrollo de hojas en septiembre. En tanto que para *P. cembroides* la dormancia, se presenta dominancia de yemas de septiembre a marzo, emisión de primordio foliar de abril a mayo, y pleno recubrimiento foliar de junio a julio, con total desarrollo de hojas en agosto. Sin embargo, Zavala, 1987 señala que el brote anual se compone de un brote de primavera y otro de verano.

Sección *Paracembra*, en *P. culminicola*, se presentan yemas de noviembre a febrero, con la emisión de primordios foliares de marzo a junio, pleno recubrimiento foliar de julio a septiembre, y total desarrollo de hojas en octubre. En tanto que para *P. lagunae*, se observa un crecimiento binodal, mostrando dormancia con la dominancia de yemas a mediados de noviembre y diciembre, emisión de primordio foliar de enero a mediados de marzo, pleno recubrimiento foliar a fines de marzo, emisión de primordios foliares en abril, pleno recubrimiento foliar a finales del mismo mes, y total desarrollo de hojas en mayo y emisión de primordios foliares de julio a mediados de agosto, pleno recubrimiento foliar a finales del mes de agosto, emisión de primordios foliares a principios del mes de septiembre y octubre, seguido de un pleno recubrimiento foliar a finales de septiembre y octubre, con total desarrollo de hojas a principios de noviembre. Para *P. johannis*, se observa la presencia de yemas para el mes de noviembre hasta el mes de febrero, emisión

de primordios foliares para los meses de marzo a junio y pleno recubrimiento foliar de julio a septiembre, con un total desarrollo de hojas para el mes de octubre Figura 37.

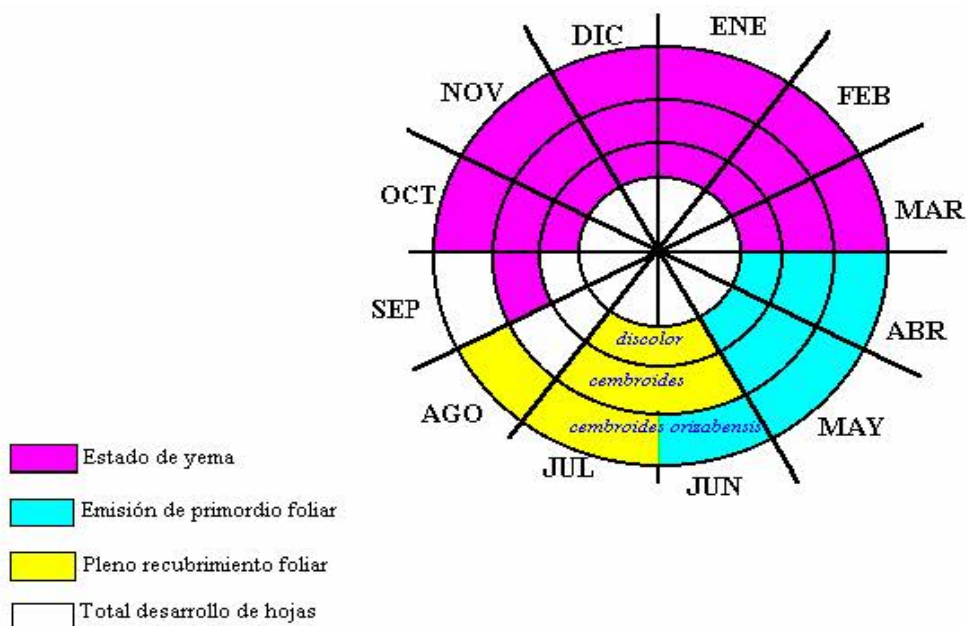


Figura 36. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección Paracembra, mostrando las fenofases durante un año.

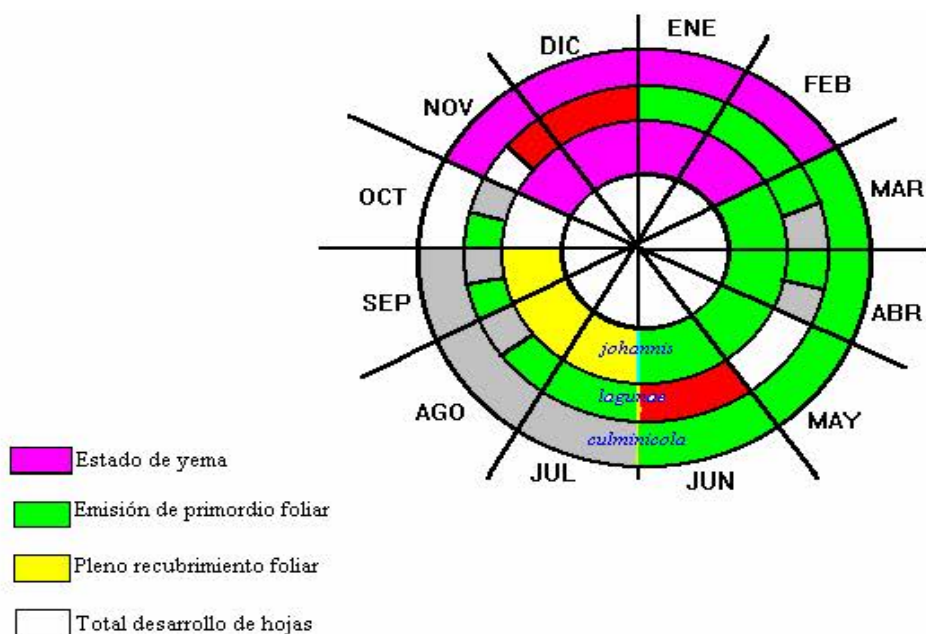


Figura 37. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos Paracembra, mostrando las fenofases durante un año.

Sección *Paracembra*, para *P. maximartinezii*, se presenta un crecimiento vegetativo indefinido y crecimiento binodal con estado de yema en diciembre y emisión de primordio foliar de enero a mediados de marzo, pleno recubrimiento foliar en marzo y nuevas emisiones de primordios foliares, pleno recubrimiento foliar y total desarrollo de hojas en mayo, un segundo estado de yema en junio, emisión de primordio foliar y pleno recubrimiento foliar alternos para los meses de julio a octubre y total desarrollo de hojas en noviembre. En tanto que para *P. pinceana*, se observa dormancia con la dominancia de yemas de septiembre a febrero y emisión de primordios foliares de marzo a mayo, seguido de un pleno recubrimiento foliar de junio a julio, con total desarrollo de hojas en el mes de agosto Figura 38.

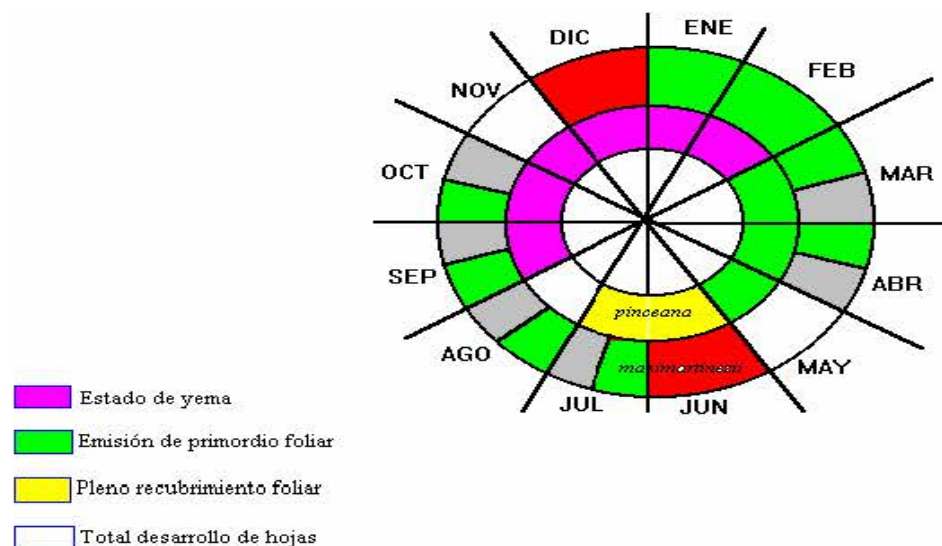


Figura 38. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en dos especies de pinos, de la Sección Paracembra, mostrando las fenofases durante un año.

En la Figura 39 del calendario de crecimiento de brotes vegetativos de las Secciones *Leiophyllae* y *Ponderosae* se observa para *P. jeffreyi*, dormancia con la dominancia de yemas para los meses de septiembre a febrero, emisión de primordio foliar de marzo a mayo y pleno recubrimiento foliar de junio a julio, seguido de un total desarrollo de hojas para el mes de agosto. En tanto que para *P. lumholtzii*, sigue el mismo patrón de crecimiento, excepto por la fase de emisión de primordio foliar que termina hasta el mes de junio. Para *P. leiophylla* no se observa una fase definida en la emisión de yemas ya que presenta crecimiento binodal durante su ciclo, donde muestra emisión de primordio foliar de junio a septiembre y de enero a febrero, pleno recubrimiento foliar de octubre a noviembre y de marzo a abril, con total desarrollo de hojas para los meses de mayo y diciembre.

En la Figura 40 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos de la Sección *Montezumae*, se observa para *P. hartwegii* dormancia con la dominancia de yemas de agosto a enero, emisión de primordio foliar de febrero a abril, pleno recubrimiento foliar de mayo a junio, y total desarrollo de hojas de julio. Para *P. montezumae* var. *lindleyi*, se observa dormancia con el estado de yemas de octubre a marzo, emisión de

primordio foliar de abril a junio, seguido de un pleno recubrimiento foliar de julio a agosto y total desarrollo de hojas para el mes de septiembre. En tanto que, para *P. arizonica*, el estado de yema se prolonga hasta enero, la prolongación de primordio foliar hasta mayo, con períodos más cortos en los cambios de fases.

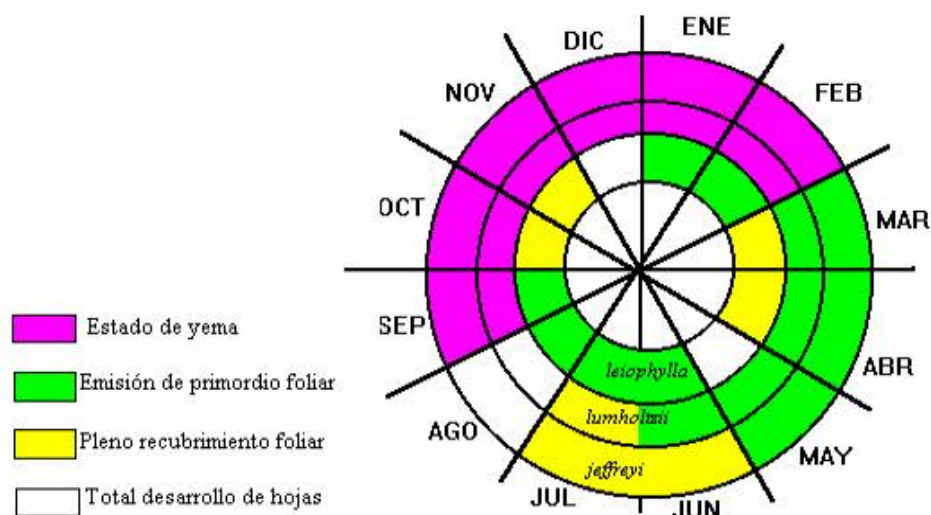


Figura 39. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Leiophyllae* y *Ponderosae*, mostrando las fenofases durante un año.

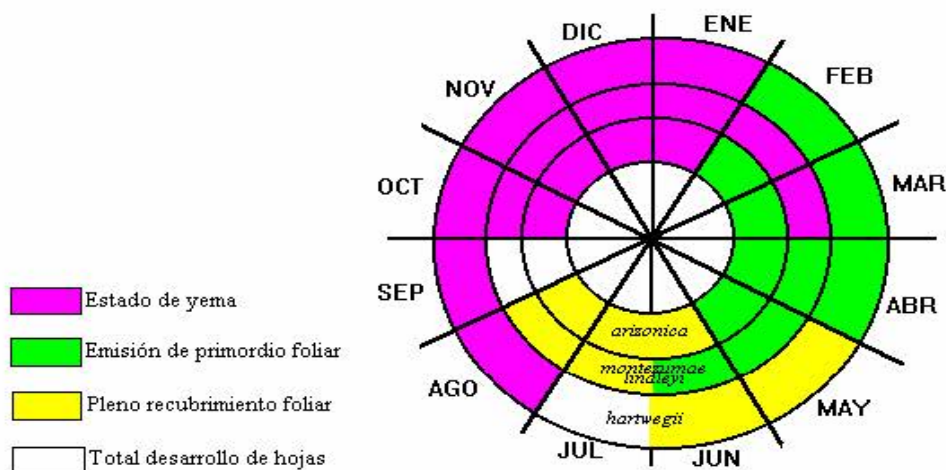


Figura 40. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Montezumae*, mostrando las fenofases durante un año.

En la Figura 41 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos de la Sección *Pseudostrobus* *P. michoacana* variedad *cornuta* presenta estado de yema de octubre a febrero y *P. michoacana* de septiembre a febrero, emisión de primordios foliares de marzo a junio. Para *P. michoacana* var *cornuta* de marzo a mayo, para *P. michoacana*, pleno recubrimiento foliar de junio a julio y total desarrollo de hojas para el mes de agosto. En tanto que para *P. michoacana* variedad *cornuta*, se observa pleno recubrimiento foliar para los meses de julio a agosto y termino desarrollo de hojas en septiembre.

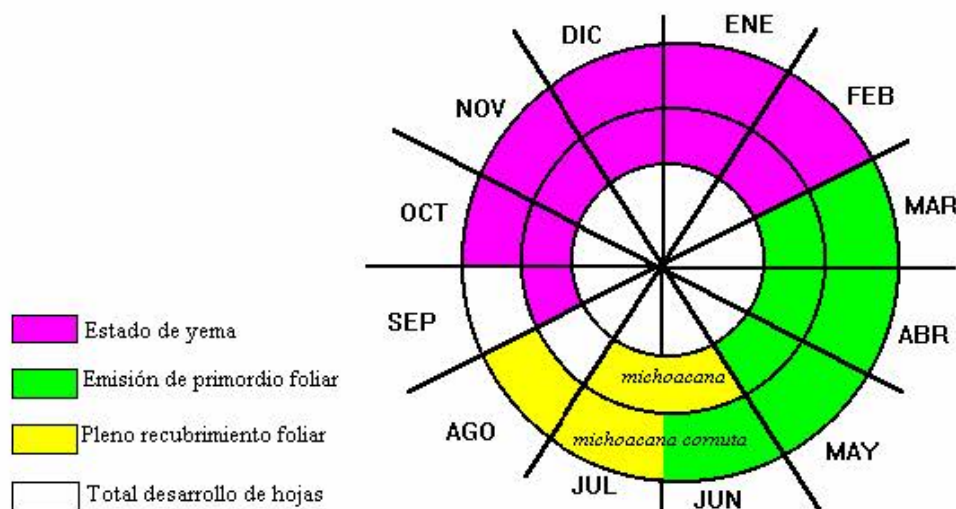


Figura 41. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en dos especies de pinos de la Sección *Pseudostrobus*, mostrando las fenofases durante un año.

En la Figura 42 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en cuatro especies de pinos de la Sección *Pseudostrobus* se observa para *P. pseudostrobus coatepecensis* y *P. pseudostrobus apulcensis*, un estado de yema en agosto a febrero y un segundo estado de yemas hasta enero, emisión de primordios foliares para *P. pseudostrobus coatepecensis* de febrero a marzo, seguido de pleno recubrimiento foliar de abril a junio, y total desarrollo de hojas en julio. En tanto que *P. pseudostrobus apulcensis*, inicia la emisión de primordio foliar de marzo a abril, pleno recubrimiento foliar de mayo a junio y total desarrollo de hojas en julio. Para *P. pseudostrobus*, se observa estado de yema para los meses de septiembre a octubre, con la emisión de primordios foliares de noviembre a diciembre, pleno recubrimiento foliar de enero a febrero, seguido de un total desarrollo de hojas en marzo, con nueva emisión de primordios foliares de abril a mayo y pleno recubrimiento foliar de junio a julio, y total desarrollo de hojas en agosto. Para *P. oaxacana*, se presenta dormancia con la dominancia de yemas de noviembre a enero, emisión de primordio foliar de febrero a marzo, pleno recubrimiento foliar de abril a mayo, seguido de un total desarrollo de hojas en junio, mostrando nuevamente emisión de primordios foliares de julio a agosto, pleno recubrimiento foliar en septiembre y total desarrollo de hojas en octubre.

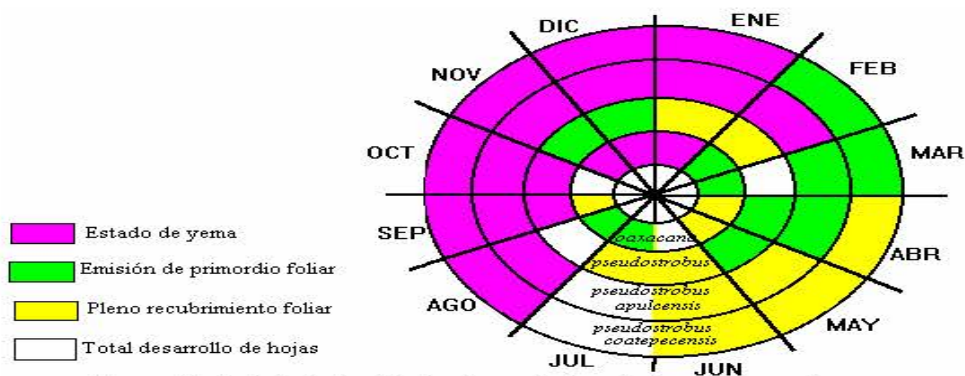


Figura 42. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en cuatro especies de pinos de la Sección *Pseudostrobus*, mostrando las fenofases durante un año.

En la Figura 43 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Serotinae* se observa que, *P. patula* muestra dormancia con la presencia de yemas de septiembre a diciembre, emisión de primordios foliares de enero a abril y pleno recubrimiento foliar de mayo a julio, seguido de un total desarrollo de hojas en agosto. *P. greggii*, muestra fases de crecimiento alternas sin observarse el estado de yema en una de las fases, mostrando dormancia con el estado de yemas de noviembre a diciembre, emisión de primordio foliar de enero a marzo, pleno recubrimiento foliar en abril, sin terminar con la fase de total desarrollo de hojas, seguido de una nueva emisión de primordios foliares de mayo a julio, con pleno recubrimiento foliar de agosto a septiembre y total desarrollo e hojas en agosto. Para *P. radiata*, se observa la dominancia de yemas de octubre a febrero, con la emisión de primordio foliar de marzo a mayo, pleno recubrimiento foliar de junio a agosto, seguido de un total desarrollo de hojas en septiembre.

En la Figura 44 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección *Serotinae*, se presenta para *P. tecunumanii* yemas de abril a mayo, emisión de primordios foliares de junio a julio, y de noviembre a diciembre con pleno recubrimiento foliar de agosto a septiembre, y de enero a febrero, seguido de un total desarrollo de hojas de octubre a marzo. Para *P. pringlei*, se observan yemas de mayo a septiembre, con la emisión de primordio foliar de octubre a diciembre, y pleno recubrimiento foliar de enero a marzo, seguido de un total desarrollo de hojas en abril. Para *P. oocarpa*, se observa la dominancia de yemas de julio a septiembre, la emisión de primordio foliar de octubre a marzo y pleno recubrimiento foliar de abril a mayo, seguido de un total desarrollo de hojas en junio.

En las Figuras de la 45 a la 49 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos, se muestran los diferentes estadios de brotes vegetativos de *P. oocarpa*.

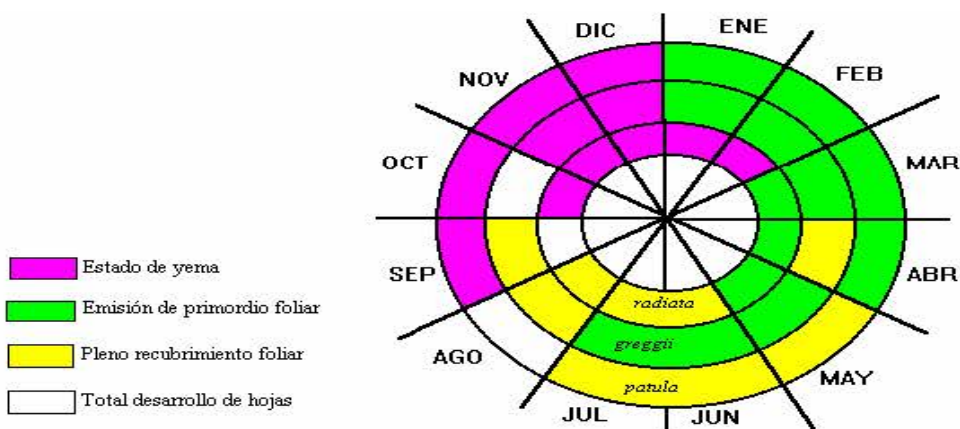


Figura 43. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos, de la Sección Serotinae, mostrando las fenofases durante un año.

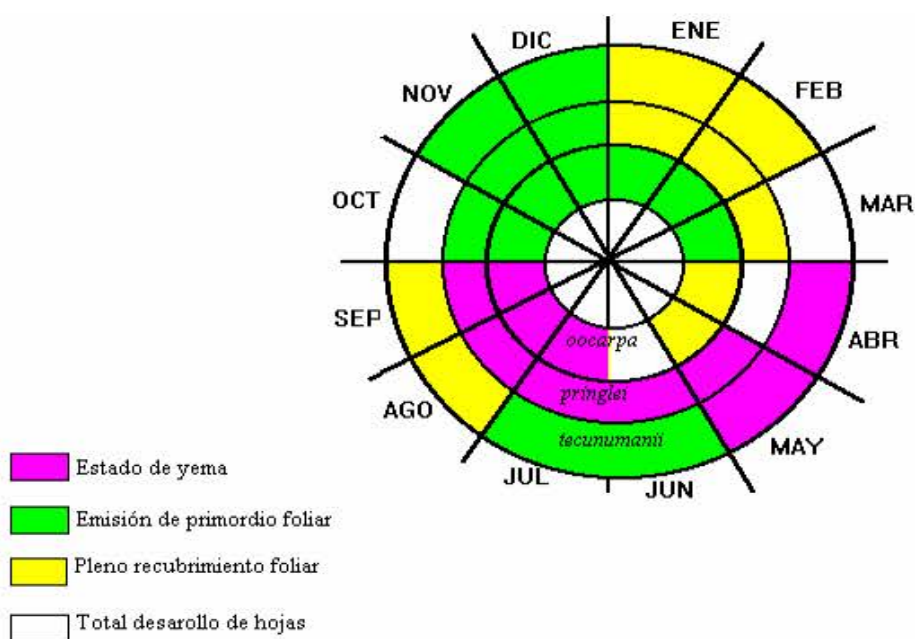


Figura 44. Calendario de crecimiento de brotes vegetativos en tres especies de pinos de la Sección Serotinae, mostrando las fenofases durante un año.



Figura 45. *Pinus oocarpa*, estado vegetativo de yema, diciembre de 1996.



Figura 46. *Pinus oocarpa*, estado vegetativo con la elongación de yemas, diciembre de 1995.





Figura 47. *Pinus oocarpa* estado vegetativo, con la emisión de primordio foliar enero de 1995.



Figura 48. *Pinus oocarpa*, fase vegetativa con el inicio de pleno recubrimiento foliar, enero de 1996.



Figura 49. *Pinus oocarpa*, estado vegetativo en pleno recubrimiento foliar, tomando al término de desarrollo de hojas abril de 1996.

En la Figura 50 del calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en dos especies de pinos de la Sección *Teocote* y *Caribaea*, *P. caribaea*, se observa estado de yema de diciembre a enero, con la emisión de primordio foliar de febrero a abril y de agosto a septiembre con pleno recubrimiento foliar de mayo a octubre, con total desarrollo de hojas en julio y noviembre. En tanto que para *P. teocote*, se presenta dormancia con la dominancia de yemas de septiembre a febrero, con la emisión de primordios foliares de marzo a mayo, seguido de un pleno recubrimiento foliar de junio a julio y total desarrollo de hojas en agosto.

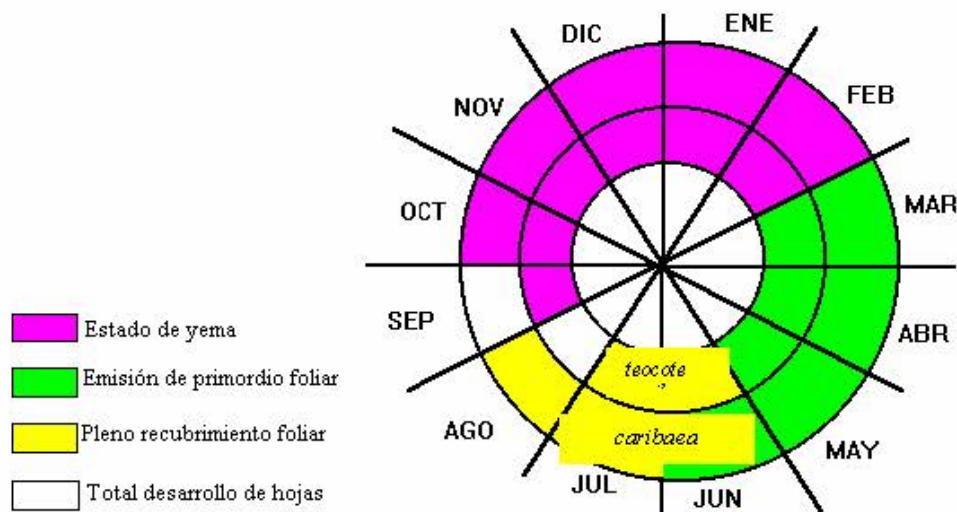


Figura 50. Calendario fenológico de crecimiento de brotes vegetativos en dos especies de pinos de la Sección *Teocote* y *Caribaea*, mostrando las fenofases durante un año.

Fase de estróbilo femenino y masculino

### Estróbilos femeninos

En la Sección *Cembra* *P. ayacahuite* var. *brachyptera* presenta emisión de estróbilos femeninos durante todo el mes de mayo, pero sin maduración quedando como estróbilos abortivos y permanecen latentes e inmaduros hasta la tercera semana de junio Figura 51.

Para la Sección *Paracembra* *P. cembroides* sub. sp. *orizabensis*, se presenta emisión de estróbilos femeninos de la primera semana de mayo a la tercera semana de junio y permanecen latentes hasta el mes de noviembre. Para *P. johannis*, se observan emisiones de la primera a la segunda semana de febrero y permanecen latentes hasta mayo, con una segunda emisión de la segunda semana de septiembre a la cuarta semana de octubre, para ser latentes hasta enero del año siguiente de 1996 Figura 52.

En la Sección *Montezumae* en *P. arizonica*, la emisión se presenta de la segunda a la tercera semana de abril y permanecen latentes hasta el mes de julio Figura 53. Para *P. greggii* la emisión de estróbilos se presenta en la primera semana de febrero, y son latentes hasta mayo, con una segunda emisión de la segunda semana de septiembre a la cuarta semana de octubre, y latencia hasta enero del año siguiente Figura 54.

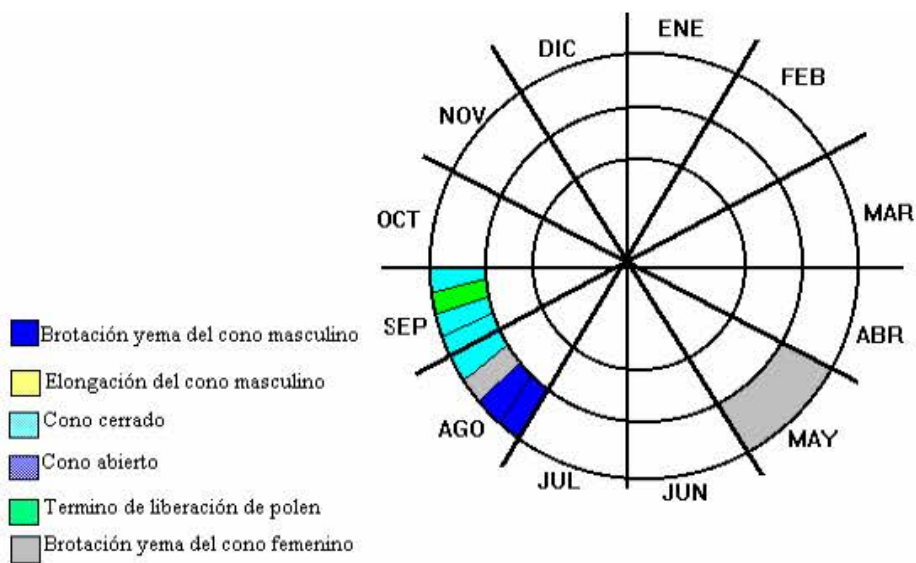


Figura 51. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en *P. ayacahuite brachyptera* de la Sección *Cembra*.

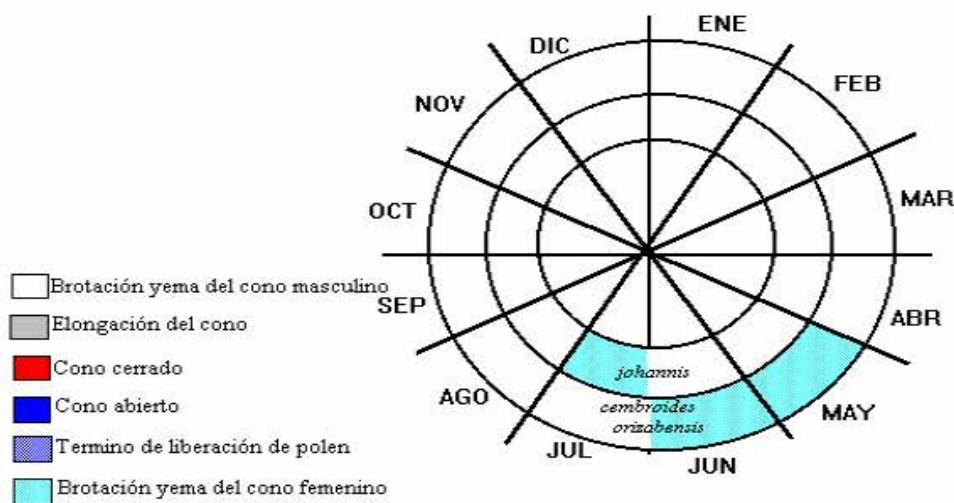


Figura 52. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en dos especies de pinos de la Sección *Paracembra* durante un año.

Para la Subsección *Patula*, en *P. patula* la emisión de conos se presenta de la primera semana de marzo a la primera semana de abril, con latencia hasta el mes de junio Figura 54.

En tanto que para la Sección *Rudis* para *P. hartwegii* los conos emergen en la primera semana de enero la primera semana de febrero y permanecen latentes hasta mayo Figura 55.

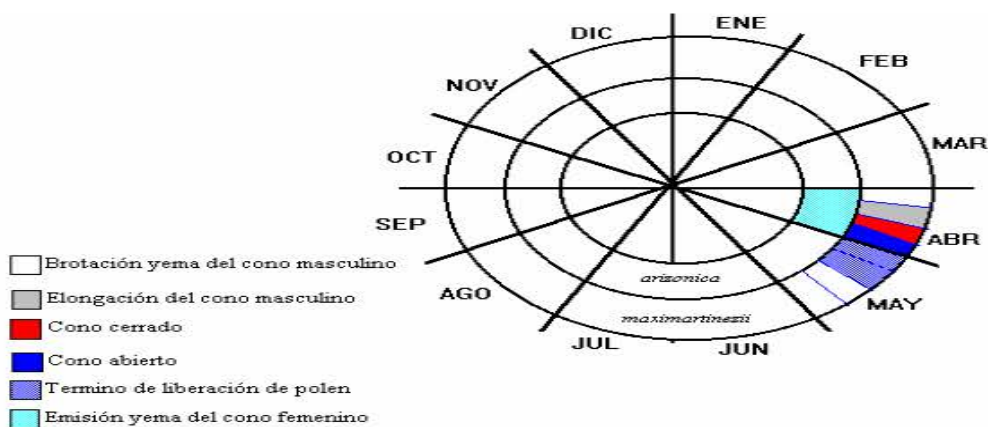


Figura 53. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en dos especies de pinos de la Sección *Paracembra* y *Montezumae* durante un año.

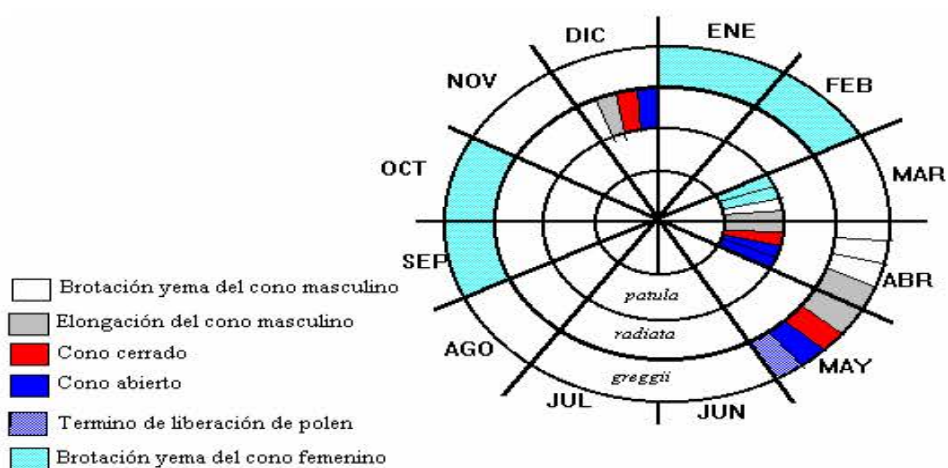


Figura 54. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos, en tres especies de pinos de la Sección *Serotinae* durante un año.

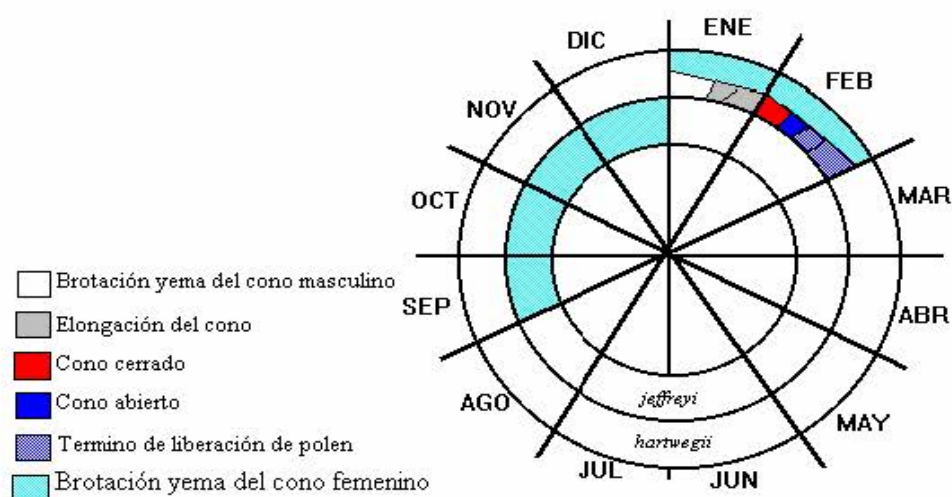


Figura 55. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos, en dos especies de pinos de la Sección *Ponderosae* y *Montezumae* durante un año

La Sección *Ponderosae* en *P. jeffreyi*, se desarrollan brotes en la segunda semana de febrero, con una segunda emisión en la primera semana de septiembre a la primera semana de febrero y permanecen latentes hasta mayo Figura 55.

En la Sección *Pseudostrobus* para *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, la emisión se presenta en la tercera semana de abril y permanecen latentes hasta mayo Figura 56.

Finalmente para la Subsección *Oocarpa* en *P. oocarpa* los brotes aparecen en julio y permanecen latentes hasta el mes de agosto. Por otra parte *P. tecunumanii* presenta la emisión de brotes femeninos en abril Figura 56. En la Figura 57, se aprecia la emisión de conos femeninos para *P. oocarpa*.

#### Estróbilos masculinos

En la Sección *Cembra* *P. ayacahuite* var. *veitchii*, inicia la emisión de estróbilos masculinos de agosto a septiembre, con la brotación de yemas de la primera a la segunda semana de agosto y la subsecuente elongación madurez y apertura de la segunda a la tercera semana del mismo mes, con liberación de polen en la última semana de agosto y principios de la tercera semana de septiembre. En la figura 58, se puede apreciar la emisión de conos masculinos de *P. ayacahuite*.

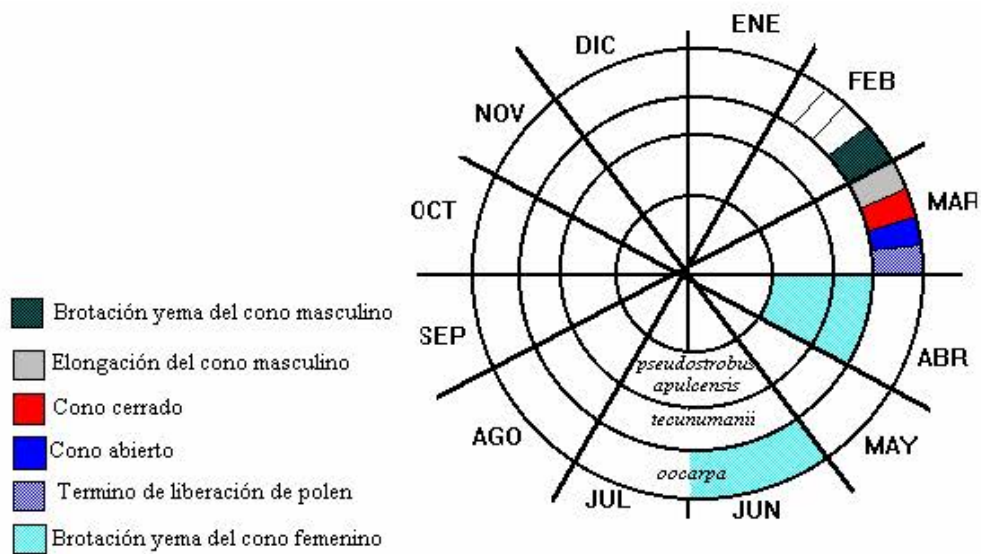


Figura 56. Calendario fenológico de crecimiento de brotes reproductivos en tres especies de pinos de la Sección *Pseudostrobus* y *Serotinae* durante un año.



Figura 57. *Pinus oocarpa*, estado reproductivo con la emisión de conos femeninos, marzo de 1996.



Figura 58. *Pinus ayacahuite*, estado reproductivo con la emisión de conos masculinos abril de 1996.

En la Sección *Pinceana* *P. maximartinezii*, presenta la emisión de estróbilos masculinos en abril y culmina en mayo, con la emisión de estróbilos en la primera y segunda semana de abril, elongación, apertura y termino de liberación de polen de la segunda a la cuarta semana de mayo Figura 53.

Para la Subsección *Patula*, *P. patula*, presenta emisión de yemas masculinas de marzo a abril, elongación y madurez de la tercera semana de marzo a la segunda semana de abril, con termino y apertura de liberación de polen de la segunda a la cuarta semana de abril (Figura 54). En *P. greggii* la emisión de yemas de conos masculinos se presenta en abril y culmina en mayo, con brotación de yemas para conos de la segunda a la tercera semana de abril, elongación y madurez de la tercera semana de abril a la segunda semana de mayo, y continua con madurez y apertura en la tercera semana, termino de liberación de polen en la cuarta semana de mayo (Figura 54). Para *P. radiata*, se presenta emisión de estróbilos masculinos en la primera semana de diciembre, seguido de una elongación, madurez, apertura y termino de liberación de polen en la siguiente semana, que se prolonga hasta la primera semana de enero Figura 54.

Para la Sección *Rudis*, *P. hartwegii*, presenta emisión de estróbilos masculinos en enero y termina en marzo, con brotación de yemas inicia en la tercera semana de enero y elongación en la primera semana de febrero, seguido de brotación de nuevas yemas madurez y apertura de la primera a la tercera semana de febrero, y termino de liberación de



polen de la cuarta semana de febrero a la segunda semana de marzo Figura 55. En la Figura 59 y 60 se aprecia la maduración del cono masculino con la liberación de polen.



Figura 59. *Pinus hartwegii*, estado reproductivo con la maduración de conos masculinos, febrero de 1996.



Figura 60. *Pinus hartwegii*, estado reproductivo con liberación de polen, marzo de 1996.

En la Subsección *Oocarpa* para *P. oocarpa*, se observa la emisión de yemas en febrero, con termino de liberación de polen en la última semana del mes, que se desarrollan de la primera a la segunda semana de febrero, elongación y madurez de la segunda a la cuarta semana del mismo mes, seguido de una elongación de yemas en la primera semana de marzo, y la liberación de polen de la tercera a la cuarta semana de marzo Figura 56.

## DISCUSIÓN

### Observaciones dasométricas

#### Crecimiento en altura

Para *P. ayacahuite* y *P. ayacahuite* var. *brachyptera* el crecimiento en altura para las especies responde a una temperatura y precipitación ascendentes, con estabilización de crecimiento cuando los parámetros climatológicos son descendentes. En *P. ayacahuite* var. *veitchii* el crecimiento es menor cuando precipitación y temperatura son bajas y mayor cuando los parámetros climatológicos son ascendentes. Para *P. cembroides*, *P. cembroides* sub. sp. *orizabensis*, *P. discolor*, *P. johannis*, *P. lagunae* y *P. culminicola*, responden a un aumento de crecimiento cuando precipitación y temperatura son altas, con estabilización de crecimiento cuando precipitación y temperatura son descendentes. *P. pinceana* presenta crecimiento constante de abril del 95 a abril del 96 aun con las variaciones de clima y temperatura. En *P. maximartinezii* el crecimiento es mayor de enero a abril de 1996 aun con precipitaciones y temperaturas bajas.

*P. leiophylla*, muestra aumento de crecimiento aun con precipitaciones y temperaturas bajas. En *P. lumholtzii*, *P. jeffreyi*, *P. arizonica* y *P. montezumae* var. *lindleyi*, se presenta mayor crecimiento cuando precipitación y temperatura son ascendentes. A diferencia de *P. hartwegii* que presentó mayor crecimiento de enero a abril del 96 con temperaturas y precipitaciones bajas.

Para *P. michoacana*, *P. michoacana* var. *cornuta* y *P. pseudostrobus*, se observa mayor crecimiento cuando ascienden precipitación y temperatura. En tanto que, para *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* el crecimiento es mayor cuando precipitación y temperatura son bajas. Para *P. oaxacana* y *P. pseudostrobus coatepecensis*, se observa mayor crecimiento con temperatura y precipitación ascendentes. En tanto que *P. radiata* y *P. oocarpa*, muestran crecimiento constante durante el período de evaluación. A diferencia de *P. pringlei*, *P. tecunumanii* y *P. teocote*, que mostraron mayor crecimiento con el aumento de precipitación y temperatura. Así como *P. caribaea*, que mostró crecimiento constante durante el período de evaluación.

#### Crecimiento en diámetro a 10 cm y a 1.3 m

Para *P. ayacahuite*, *P. ayacahuite* var. *brachyptera*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. cembroides* sub. sp. *orizabensis*, *P. discolor* y *P. johannis*, se observó un aumento del diámetro con precipitación alta y temperatura media durante el año, con estabilización del crecimiento del diámetro a 10 cm, cuando disminuyen precipitación y temperatura. Para *P. lagunae*, se observa un incremento del diámetro uniforme.

En tanto que para *P. culminicola*, se observa un incremento del diámetro constante bajo los parámetros de aumento, con descenso de precipitación y temperatura.

En *P. maximartinezii*, se observa un incremento del diámetro cuando aumenta la precipitación y desciende la temperatura.

*P. leiophylla*, presenta aumento del diámetro cuando aumenta la precipitación, con una segunda fase de crecimiento mayor de enero a abril del 96, cuando asciende un poco la precipitación. Para *P. lumholtzii*, se observan cambios variados de en el aumento del diámetro durante el período de evaluación, en tanto que para *P. jeffreyi*, se observa un aumento constante del diámetro. A diferencia de *P. jeffreyi* que muestra un aumento constante durante el período de evaluación. En tanto que para *P. arizonica*, se observa un aumento mayor de enero a abril aun con la poca precipitación y temperatura.

Para *P. montezumae* var. *lindleyi*, *P. hartwegii*, *P. michoacana*, *P. michoacana* var. *cornuta*, *P. pseudostrobus*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobus apulcensis*, *P. greggii*, *P. patula*, *P. pringlei* y *P. oocarpa*, se observa aumento del crecimiento, cuando precipitación y temperatura son altas y estabilización del crecimiento cuando los parámetros son descendentes. En tanto que para *P. radiata*, se observa un factor de crecimiento en diámetro constante.

De tal forma que para *P. tecumumanii* y *P. teocote*, se muestra el mismo patrón de crecimiento, cuando precipitación y temperatura son ascendentes. Finalmente para *P. caribaea*, se observa crecimiento del diámetro constante.

Para el diámetro a 1.3 m *P. ayacahuite* inicia su incremento en los últimos meses, cuando disminuyen precipitación y temperatura. En tanto que para *P. ayacahuite* var. *brachyptera*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. cembroides*, *P. cembroides* sub, sp. *orizabensis*, *P. discolor*, *P. johannis* y *P. lagunae*, se observa mayor incremento del diámetro cuando ascienden precipitación y temperatura. A diferencia de *P. culminicola*, que mantiene un aumento del diámetro lento pero constante durante el período de evaluación.

En *P. pinceana*, *P. maximartinezii*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. jeffreyi*, *P. arizonica*, *P. montezumae* var. *lindleyi*, *P. hartwegii*, *P. michoacana*, *P. michoacana* var. *cornuta*, *P. pseudostrobus*, *P. oaxacana*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, *P. pseudostrobus* var. *coatepecensis*, *P. greggii*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. oocarpa*, *P. teocote* y *P. caribaea* muestran aumento en el crecimiento, cuando ascienden precipitación y temperatura. A diferencia de *P. radiata* y *P. caribaea* presentan crecimiento constante.

#### Longitud del brote apical y lateral

*P. ayacahuite* var. *brachyptera*, *P. ayacahuite* *veitchii*, *P. ayacahuite*, y *P. cembroides*, *P. discolor*, *P. johannis* y *P. lagunae* muestran incremento en las longitudes, cuando precipitación y temperatura son ascendentes y crecimiento constante del brote lateral para *P. lagunae*. A diferencia de *P. cembroides* sub. sp. *orizabensis* y *P. culminicola* que mantiene un incremento constante en la longitud del brote apical y lateral.

En tanto que *P. pinceana*, *P. maximartinezii*, *P. leiophylla*, *P. lumholtzii*, *P. jeffreyi*, *P. arizonica*, *P. montezumae* var. *lindleyi*, *P. hartwegii*, *P. michoacana*, *P. michoacana* var. *cornuta*, *P. pseudostrobus* *P. Pseudostrobus apulcensis*, *P. oaxacana*, y *P. pseudostrobus* *coatepecensis*, muestran aumento en la longitud del brote, cuando se incrementa precipitación y temperatura. En tanto que para *P. jeffreyi*, *P. arizonica* y *P. oaxacana*, que muestran aumento de la longitud del brote lateral mayor para el ultimo período de registro, con baja temperatura y precipitación. En tanto que *P. radiata* muestra un crecimiento lento, pero constante durante el

período de evaluación. En *P. greggii*, *P. patula*, *P. oocarpa*, *P. tecunumanii*, *P. teocote* y *P. caribaea* muestran un aumento en la longitud del brote con precipitación y temperaturas altas. En tanto que *P. pringlei* mostró crecimiento constante de los brotes durante el período de evaluación.

#### Número de verticilos

La mayoría de las especies presentaron emisión de verticilos en la época de mayor temperatura y mayor humedad en el período de abril a julio, con una segunda fase en la emisión de verticilos de enero a abril de 1996, excepto para; *P. culminicola*, *P. pinceana*, *P. montezumae* var. *lindleyi*, *P. leiophylla* y *P. greggii* con emisiones constantes.

#### Observaciones fenológicas

Las condiciones micro ambientales derivadas en el sistema de plantación y rasgos del suelo son responsables de las diferencias en el crecimiento de brotes y conillos así como la producción de estos, relacionada con las variables dasométricas individuales.

La fecha de iniciación de primordios de conos esta sujeta a variación debido a fluctuaciones de los elementos climáticos.

En la producción de conillos se ve muy reducida principalmente, por que son árboles jóvenes con producción de conillos en su mayoría abortivos.

Conillos abortivos en; *Pinus cembroides* subespecie *orizabensis*, *P. johannis*, *P. tecunumanii*, *P. arizonica*, *P. hartwegii*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*, *P. patula* y *P. oocarpa*.

Conos maduros en: *P. greggii* y *P. jeffreyi*.

Por lo tanto la emergencia de conos masculinos y femeninos, así como la emisión de brotes vegetativos es muy variable y esta sujeta a variación, debido a fluctuaciones de los elementos climáticos. En tanto que el crecimiento e incremento en altura en los árboles esta menos influenciado por el medio ambiente que en diámetro. Por lo tanto la variación en el incremento en la altura en árboles individuales, se debe probablemente a su diferente reacción al foto período.

Los factores que delimitaron el crecimiento en los árboles fue principalmente al tipo de suelo tepetatoso y a la sequía a la que estuvieron expuestos. Pero sí hubo especies que mostraron altos parámetros de crecimiento durante el período de evaluación como; *P. greggii*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. pseudostrobus coatepecensis*, *P. oaxacana* y *P. tecunumanii*.

Otros factores que delimitaron el crecimiento de las especies fue principalmente la altitud y la sequía que propicio en parte el ataque de plagas.

## Análisis fenológico de la fase vegetativa

Prácticamente los estudios realizados en crecimiento vegetativo para especies de pinos mexicanos son muy pocos, por lo que a continuación se describen algunas especies que han sido observadas en otras regiones del país, además de la comparación en la fase de crecimiento vegetativo y floración.

En la zona de estudio *P. pringlei* y *P. oocarpa* inician la fase vegetativa en octubre y para *P. michoacana* en marzo. A diferencia de lo señalado por Bello (1978), en Uruapan Michoacán quien indica que el inicio del estado vegetativo. Para *P. pringlei* ocurre en noviembre. En *P. oocarpa* en junio y en *P. michoacana* en abril. Por lo que *P. pringlei* y *P. michoacana* se adelantan un mes y *P. oocarpa* se atrasa cuatro meses.

Para *P. patula*, se observan dos fases de formación de hojas, que brotan en la primera semana de abril y la segunda en noviembre. A diferencia de lo señalado por Vela (1980), para *P. patula* en su estudio realizado en el D. F., indica que a fines de invierno las hojas del primer internudo brotan alcanzando su madurez durante la primavera y en mayo se inicia la segunda formación del segundo y internudo con la subsecuente aparición de nuevas hojas que maduran entre junio y julio.

Para *P. caribaea* fue difícil resolver la fase vegetativa ya que no termina una fase cuando inicia la otra, fases traslapadas, además de la adición de racimos o rosetas de hojas, conocidas como cola de zorra, que hacían aun más difícil la separación de fases. Sin embargo Lanner (1986), observa los patrones de crecimiento en pinos piñoneros y en *P. caribaea* en Chapingo con el patrón de crecimiento para *P. caribaea* con un ciclo de crecimiento anual, que incluye la iniciación y elongación traslapadas por varias yemas temporales, sin una estación de crecimiento definido o período de reposo. Señalando además, que la misma forma de crecimiento es patente. Sin embargo, se alcanza a distinguir la última fase de crecimiento.

En el *Pinetum*, para los piñoneros se observó un crecimiento vegetativo muy similar, mostrando el inicio de la fase vegetativa en abril. Lanner (1986), señala que en los piñoneros el crecimiento se alcanza por la adición de un brote pequeño al brote de primavera, señala además, que el crecimiento de brotes de pino suelen representarse como la elongación de una yema durante la primavera, que es producida en el verano del año anterior específicamente en México.

En *P. oaxacana*, se observó estado de yema de noviembre a enero, con emisión de primordio foliar de febrero a marzo y pleno recubrimiento foliar de abril a mayo, con total desarrollo de hojas en junio y una segunda fase de crecimiento inmediata de julio a agosto, con pleno recubrimiento foliar en septiembre y total desarrollo de hojas en octubre. Sin embargo, para esta especie Ramírez y Nepamuceno (1986), en su estudio en los Altos de Chiapas reportan que *P. oaxacana*, presenta un crecimiento constante en los meses de noviembre a diciembre y latencia durante octubre y diciembre, con etapas de crecimiento de yemas y acículas de enero a septiembre

Para *P. ayacahuite*, se señala que en el mes de abril inicia la emergencia de primordios foliares, cuando sus ramillas están totalmente elongadas. A diferencia de lo que ocurrió en la zona de estudio *Pinetum*, para *P. ayacahuite*, que mostró estado de yema de agosto a enero, con

emisión de primordios foliares de febrero a marzo, pleno recubrimiento foliar de abril a junio y total desarrollo de hojas en julio. Para *P. cembroides*, se observó un ciclo en la emisión de acículas. Sin embargo, Zavala *et al.* (1987), indica que las acículas difieren en fecha de iniciación y crecimiento, con mayor longitud y tempranas las de primavera.

## Análisis fenológico en estróbilos masculinos y femeninos

Según Bello (1978), señala que *P. radiata* desprende polen en marzo en su ambiente natural y en la zona de estudio presentó emisión de estróbilos masculinos en la primera semana de diciembre, culminando la liberación de polen en la primera semana de enero. Señala además que *P. oocarpa*, presenta período reproductivo de enero a marzo con emisión de estróbilos masculinos en marzo y femeninos de mayo a junio. Para *P. michoacana* a mediados de primavera. Sin embargo, en la zona de estudio se atrasa un poco la época reproductiva ya que para *P. oocarpa* inicia en febrero, coincidiendo con el término de liberación de polen en la última semana de marzo.

Patiño (1973), señala que la emisión de estructuras reproductivas para las especies nativas de México se presenta en los meses de enero a abril y la maduración de conos es de octubre a febrero (la maduración de conos no se pudo observar, debido a que son especies de corta edad). Para *P. arizonica*, señala que es de marzo a abril en Coyoacán y D. F. y en el *Pinetum* la emisión de estructuras reproductivas se presentó de la segunda a la tercera semana de abril, coincidiendo la época de emisión de estróbilos. Para *P. ayacahuite* en mayo, en Tlaxcala, D. F y Guerrero, coincidiendo la especie *P. ayacahuite brachyptera* para el mes de mayo con estróbilos femeninos y estróbilos masculinos. Para *P. ayacahuite veitchii*, indica que es de abril a mayo en el D.F, Puebla y Michoacán. Sin embargo, en el *Pinetum* se adelanta la brotación para el mes de agosto a septiembre con la emisión de estróbilos masculinos.

Para *P. greggii*, señala que es de enero a marzo en Hidalgo, Querétaro y D. F, mientras que en el *Pinetum* se presentaron estróbilos masculinos de abril a mayo y femeninos de enero a febrero, coincidiendo esta última para los meses indicados, pero no para los masculinos, con una segunda emisión de estróbilos femeninos de septiembre a octubre para la especie del *Pinetum*. Señala también que *P. hartwegii*, presenta estructuras reproductivas de marzo a abril en México y Puebla a diferencia del *Pinetum*, que se presentaron estróbilos femeninos en la primera semana de enero a la primera semana de febrero y estróbilos masculinos de enero a marzo.

Para *P. oocarpa*, indica que la emisión de estructuras reproductivas se presenta de noviembre a febrero en Chiapas, Querétaro, Michoacán y Jalisco, a diferencia de lo ocurrido en el *Pinetum* ya que los estróbilos masculinos se presenta de febrero a marzo y los femeninos en julio. En tanto que para *P. patula* señala que es de enero a abril en Veracruz, Michoacán, Hidalgo, Querétaro, Tamaulipas y Puebla. La emisión de estructuras reproductivas para la misma especie en el *Pinetum*, es de marzo a abril, estróbilos masculinos y femeninos. A diferencia de *P. greggii*, para quien indica un período juvenil de reproducción de 2 a 3 años, al igual que *P. ayacahuite* y *P. patula* que tardan de 10 a 15 años su reproducción.

Para *P. patula*, Vela (1980) señala que los estróbilos femeninos y masculinos, se presenta a fines de febrero y principios de marzo, pero como se mencionó anteriormente la especie no difiere mucho en el tiempo de la emisión de estructuras reproductivas en el D. F. y en el *Pinetum* ya que en este último lugar sucede de marzo a abril.

En *P. oocarpa* y *P. greggii*, Shaw (1909) señala que la formación de estructuras reproductivas, se presenta un poco después de *P. pringlei*, que ocurre en noviembre y principios de diciembre. Mientras que en el *Pinetum P. oocarpa* presenta estróbilos masculinos de febrero a marzo y femeninos en julio.

Ramírez y Nepamuceno (1986) señalan que las estructuras reproductivas para *P. ayacahuite* se presenta en mayo y es cuando además se llevan a cabo los eventos de fructificación de un año y otro. En el *Pinetum P. ayacahuite* var. *brachyptera*, presentó de igual manera estróbilos femeninos en mayo. Sin embargo, para *P. ayacahuite* var. *veitchii*, los estróbilos masculinos se presentaron de agosto a septiembre.

Para la Sección *Cembroides*, Zavala (1987) y Perry (1991), señalan que *P. cembroides* Zucc, desarrolla brotes de conos femeninos en primavera, con una segunda emisión en verano, indica además que el de primavera se inicia en abril y que desprende polen de 4 a 6 semanas más rápido que *P. discolor*. En la zona de estudio *Pinetum P. cembroides* sub. sp. *orizabensis* presentó estróbilos femeninos de mayo a junio, con brotes de verano.

Realmente hay pocos estudios en cuanto a fenología de especies de pinos mexicanos. De los retomados por otros autores existen otras pocas especies a las que se ha estudiado la fase vegetativa y emisión de estructuras reproductivas. Aunque cabe señalarse, que si hay mas estudios, pero que aun no han sido retomados ya que la emisión de estructuras reproductivas en las especies del *Pinetum* es reducido, pero en cuanto a crecimiento vegetativo prácticamente es muy poco el estudio que se ha realizado.



## RECOMENDACIONES

Considerando la edad joven de las especies y su inicio en la emisión de estructuras reproductivas en algunos pinos, se recomienda el seguimiento del estudio, para poder tener un patrón general de la población en cuanto a la emisión de estructuras reproductivas, esperando que las especies lleguen a una edad madura y tener entonces las fechas de maduración de conos y recolección de semilla. Por lo que, dicho estudio no se puede generalizar o extrapolar ya que la plantación de *Pinus* estudiada, es relativamente pequeña en un área reducida de tal forma este estudio es útil exclusivamente para la localidad y sus alrededores.

Considerando la adaptabilidad de algunas de estas especies, se puede tomar la pauta para comenzar a reforestar en la localidad, con aquellas especies que tuvieron un buen desarrollo e introducir las especies de pinos que más se adaptaron en el sitio de estudio.

Por lo tanto se sugiere tomar en cuenta los siguientes puntos:

- a) Realización de más estudios en el interior del país, para conocer más a fondo la fenología y obtener un patrón de crecimiento y emisión de estructuras reproductivas de la mayoría de las especies de los diferentes estados y por que no, de comunidades distantes y tener un calendario fenológico y global de la entidad.
- b) Destacar dentro de los calendarios fenológicos el seguimiento en la producción, maduración de frutos y la colecta de semillas, para un mejoramiento genético y aprovechamiento de las especies como recurso forestal, con la realización de programas de producción masiva de pinos procedentes de diferentes ambientes destinados a la restauración y conservación de los recursos naturales.
- c) Enfocar su aprovechamiento en la producción industrial que de este se deriva, para aprovechar la gran diversidad de especies mexicanas del género *Pinus*.
- d) Reunir las diversas entidades Federativas, Estatales y particulares para la creación de un banco de germo plasma de especies de pinos mexicanos, las cuales sean distribuidas en todo el mundo ya que México es uno de los países con mayor diversidad de especies dentro del género *Pinus*.
- e) Fomentar el uso de especies nativas para la reforestación explotando la riqueza de la capacidad de adaptación de gran diversidad de especies de pinos y mantener la variabilidad genética de las plantaciones.
- f) Implementar programas de manejo sustentable, para incorporar el conocimiento autóctono acerca del potencial reproductivo y del uso de especies de pinos poco conocidas o aun sin descubrir o describir.