

CONSIDERACIONES METODOLOGICAS PARA ESTUDIOS FENOLOGICOS EN
BOSQUES TEMPLADOS DE CONIFERAS

Miguel Angel BELLO GONZALEZ *

INTRODUCCION

La importancia del conocimiento fenológico de las especies vegetales se ha reconocido gradualmente a través del tiempo, ya que permite identificar los fenómenos de floración, fructificación, germinación y dispersión de semillas, así como el estado vegetativo y brote de yemas, con la perspectiva de lograr un mejor manejo de ellos y su conservación, como aspecto principal; además, genera información sobre las variaciones que ocurren en las plantas para entender la respuesta de éstas a las condiciones climáticas y la dinámica de las comunidades vegetales. Estos estudios permiten prever diversos aspectos orientados hacia un mejor aprovechamiento de los recursos forestales, tales como la recolección de semillas y de material vegetativo para su **propagación**.

Es frecuente encontrar una pobre comprensión de los sistemas biológicos en la mayoría de los estudios dedicados a la silvicultura; por tal motivo, el estudio sistemático de los procesos fenológicos ofrece la información básica necesaria para el adecuado manejo del recurso ya que se fundamenta en las variaciones fisiológicas y sus relaciones e interacciones con el medio ambiente biótico y abiótico.

Las manifestaciones fenológicas son variables según la especie vegetal, lo que origina la necesidad de diseñar metodologías para los estudios fenológicos.

La metodología propuesta está diseñada para el conocimiento de especies de coníferas de clima templado, y aporta un avance para este tipo de estudios; puede ser perfeccionada, en la medida en que sea probada. Debido a la escasa bibliografía sobre el tema, resulta conveniente desarrollar este tipo de trabajos, para definir la estacionalidad de las fenofases, sus interrelaciones y los fenogramas. Como "*fenofase*" se considera 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 organismos en los que ocurren cambios biológicos en un corto periodo.

La forma en que se desarrolla cada fenofase a lo largo del año es llamada "*fenodinámica*". Al contabilizar el porcentaje de especies en una comunidad que inician una fenofase determinada, se puede elaborar su "*fenograma*". El

* Biólogo Ex-Investigador del INIFAP.

conocimiento de la fenodinámica a través de los espectros fenológicos constituye una disciplina científica, cuyas aplicaciones en materia forestal, son amplias, en términos de productividad.

ANTECEDENTES

Las observaciones y calendarios fenológicos fueron elaborados y utilizados en agricultura hace aproximadamente 1 000 años en China y Roma.

El término "*fenología*" se empezó a usar a partir de la segunda mitad del siglo XIX, siendo propuesta por el botánico belga Charles Morren (1860); pero se considera al padre de la fenología moderna a Carolus Linnaeus (1751), quien realizó diversas observaciones en este sentido. Además estableció métodos para el ordenamiento adecuado de las apreciaciones fenológicas anuales, citando las fenofases siguientes: brote vegetativo, floración, fructificación y caída de hojas (Abbe, 1905 y Schnelle, 1955).

En estos trabajos ya se reconocía la necesidad de relacionar las observaciones fenológicas con las meteorológicas, y su importancia en los aspectos agronómicos, y desde luego, en los económicos, lo que propició la elaboración de calendarios sobre floración y semillación.

Todas las relaciones entre la época de semillación y su recolección, están fundamentadas en los trabajos de Reaumur (1735) y desarrollados posteriormente a un nivel de mayor complejidad, que permitieron a Thornthwaite (1952) elaborar un calendario fenológico en los análisis detallados sobre la evaluación del desarrollo de aspectos fisiológicos en ciertas especies; a esto se le denominó "*fenometría*" por Kaempfert (1948) y Morgen (1949), en su modificación de los estudios fenológicos.

METODOLOGIA PROPUESTA

Materiales y equipo.

Para este tipo de estudio se recomienda el proveerse del material y equipo siguiente:

- Formas de registro
- Bolsas de plástico
- Etiquetas de colgar
- Cable de plástico de 30 m
- Prensa botánica de campo
- Cinta de 30 m de largo

Pala pequeña
Barrena para el muestreo de suelo
Tijeras de podar
Hacha
Navajas de campo
Lupa de campo
Medidor de corteza
Brújula Silva
Taladro de Pressler de 10''
Binoculares 7 x 50
Altímetro Everest Thommen
Podadora con sección de aluminio
Cámara fotográfica
Microscopio Carl Zeiss
Vehículo doble tracción

Metodología.

Considera aspectos ecológicos en torno a la vegetación, así como de las características de los fenómenos fenológicos de las coníferas, la forma de cuantificarlos y efectuar su análisis e interpretación; en forma secuenciada consta de:

ASPECTOS ECOLOGICOS

Selección y condiciones del sitio (SPEF*). El sitio para estudio deberá ser un rodal con el mínimo grado de disturbio posible. Preferentemente con poca pendiente para facilitar el tiempo de toma, de la información fenológica.

Selección y número de individuos. Se seleccionarán un mínimo de 10 árboles por especie (Fournier, 1974; Frankie *et al*, 1974; Bello, 1983; Ros, 1984), que reúnan las características siguientes: individuos adultos, de buen vigor o normal, que sean dominantes, con fustes rectos y bien conformados, con ramificación regular y con floración masculina y femenina abundante, una buena fructificación y sanos, además, deberán presentar una cierta separación entre sí, de tal modo que sean representativos de la variación genética de la especie en el área.

Una vez elegidos los árboles, se recomienda sean marcados y numerados en la parte media del tronco, con pintura blanca de aceite, de manera que sean

*SPEF (Sitio Permanente para Estudios Fenológicos).

visibles a distancia, simultáneamente se colectarán muestras botánicas (ramillas con hojas y frutos) de los mismos, para la verificación final y tener la plena seguridad de que se trata de la especie que se quiere estudiar. Se deberán consignar los datos dasométricos de altura, cobertura, diámetro, espesor de corteza más las observaciones relevantes de acuerdo a la forma de registro No. 1 (Apéndice).

Levantamiento topográfico. Es conveniente realizar un levantamiento topográfico para el cálculo de la superficie del sitio en estudio y determinar la equidistancia entre árbol y árbol, tal como se muestra en la figura 1.

Análisis de la vegetación. Con la finalidad de determinar la sincronización de los árboles en estudio con la vegetación más próxima (Koski, 1970), se deberá realizar un análisis detallado de la vegetación en el sitio permanente.

Además se recomienda estimar el incremento en altura de los árboles jóvenes dominantes, para conocer la calidad de estación y sus interrelaciones con los demás estratos.

Es conveniente la colecta de muestras botánicas de especies herbáceas y ramillas de arbustos, anotando la información referente a: estrato al que pertenecen, nombre vulgar y científico, fenología, forma biológica, densidad, así como aspectos de dominancia y frecuencia, de acuerdo a la forma de registro No. 2 (Apéndice). El cálculo de estas variables puede consultarse en Cox (1967).

Análisis de suelo. Para conocer el tipo y calidad del suelo del sitio se realizará un perfil y análisis físico y químico de éste, para determinar las características tales como: color, textura, estructura y pH, de acuerdo a la forma de registro No. 3 (Apéndice). Con esta información se establecerá la relación suelo-vegetación.

Observaciones meteorológicas. Uno de los parámetros importantes por la relación con las fases fenológicas son los registros climatológicos. Dentro de este inciso sólo se pretenderá conocer la ubicación de la estación meteorológica más próxima al sitio permanente. En caso de que no existiese o estuviese cercana la estación meteorológica, se sugiere determinar la media aritmética de la precipitación a partir de los registros pluviométricos de las estaciones meteorológicas comprendidas dentro del área de interés mediante

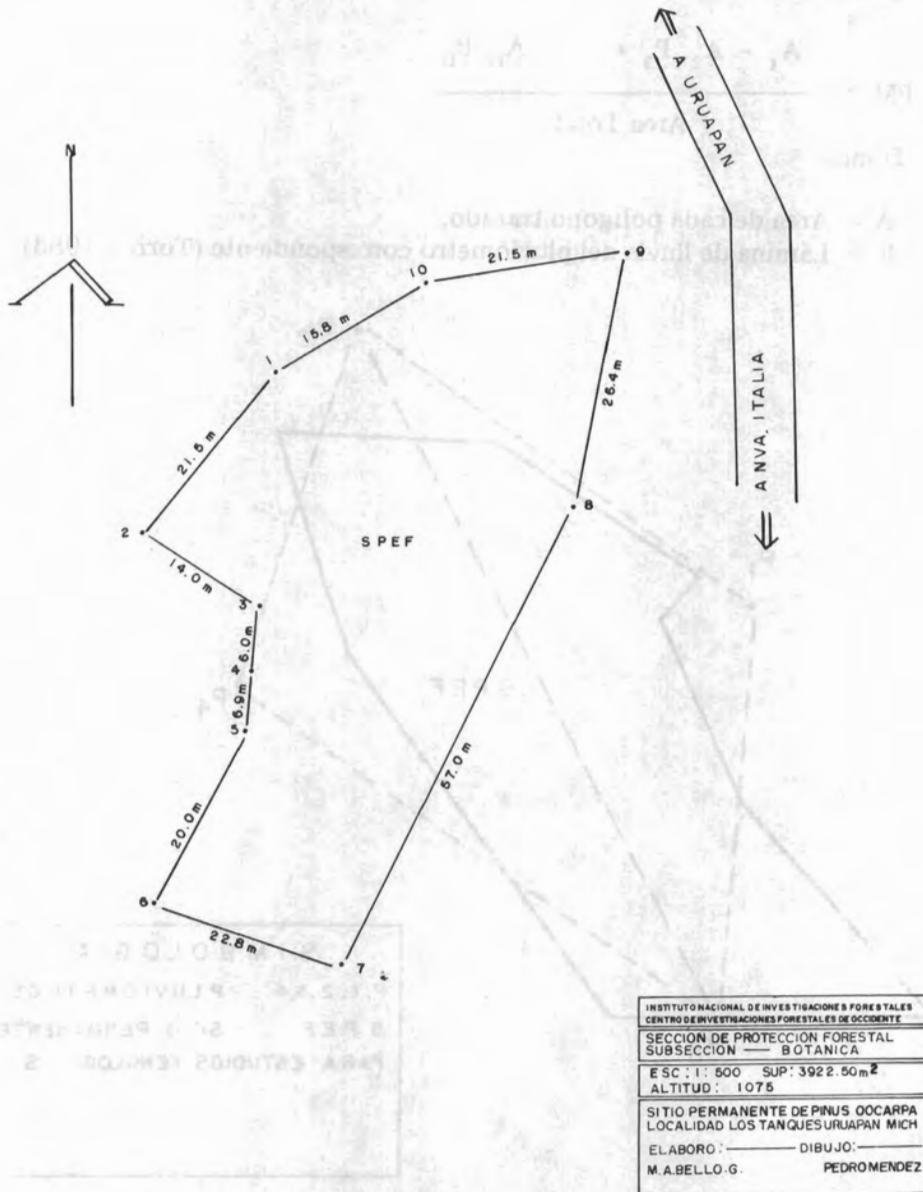


Figura 1. Registro fenológico: levantamiento topográfico de un sitio permanente para estudios fenológicos.

el método denominado polígonos de Thiessen como se muestra en la figura 2, aplicando la fórmula:

$$PM = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{\text{Area Total}}$$

Donde:

A = Area de cada polígono trazado.

P = Lámina de lluvia del pluviómetro correspondiente (Torres, 1983).

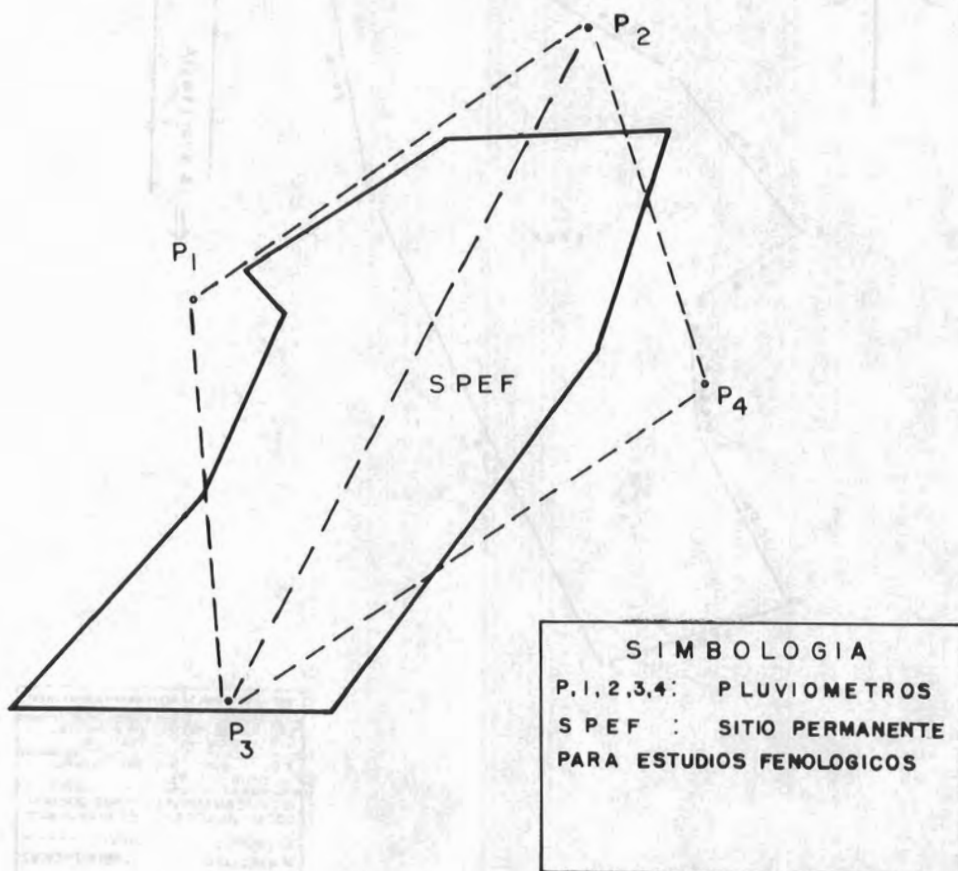


Figura 2. Registro fenológico: polígonos de Thiessen.

En caso extremo en que no existan estaciones cercanas en el área, se puede tomar como información válida la proporcionada por una estación meteorológica que esté ubicada en un perímetro de 100 km² para áreas montañosas, de 200 km² en área semimontañosa y de 500 km² en terreno plano (Villalpando Ibarra, Com. Pers.), considerando la forma de registro No. 4 (Apéndice).

ASPECTOS FENOLOGICOS

Forma de registro. Es recomendable la elaboración y uso de formas especiales para el registro de los datos fenológicos, así como su instructivo correspondiente para su rápido y exacto llenado. Se anotará la especie a estudiar, nombre del sitio, mes o quincena de observación, así como el número de individuos y las fases fenológicas tales como: floración, fructificación y estado vegetativo. Cada fase será subdividida dentro de cuatro categorías: A, B, C y D para caracterizarlas, con base en la forma de registro No. 5 (Apéndice).

Caracterización de las fenofases. El procedimiento para identificar cada fenofase, se basa en la observación de su estado de desarrollo, que se caracteriza para cada una de ellas en:

Fase vegetativa. Se desarrolla un vástago rudimentario que se forma habitualmente en las axilas de las hojas y encierra el futuro rudimento de hojas, es conocido como yema (A). Esta fase se considera activa cuando muestra evidencia en la emisión de primordios vegetativos (B); cuando se observa aproximadamente la mitad de la longitud del desarrollo normal de la hoja, se registra como plenitud de la fase (C), y en forma similar cuando las hojas jóvenes adquieren su desarrollo total (longitud máxima de la hoja), se registrará como fin de la fase (D).

Fase de la floración masculina. Se tomará como criterio el desarrollo de sus cuatro categorías; cuando el estróbilo se presenta encerrado en catáfilos se considera como yema (A); cuando de las microporófilas, así como su desarrollo total, se considera dentro de las categorías (B); cuando se observa una abundante liberación de polen se clasificará como plenitud de la fase (C); asimismo cuando finaliza la liberación del polen y se observa una marchitez en el estróbilo, se considera como fin de la fase (D).

Fase de la fructificación. Para indicar la actividad de las cuatro categorías se realizará de la misma manera que como se procedió para la floración masculina, desde la aparición del estróbilo femenino (A); la elongación del conillo (fruto verde) (B), hasta la maduración del fruto (C) y dispersión de semilla (D). A detalle se manifiesta el periodo (A), cuando se observa la apa-

rición del estróbilo femenino, esporófilas (escamas) parcial y completamente abiertas (estado receptivo), así como esporófilas parcial y totalmente cerradas. Para el periodo (B), cuando se observa la elongación del conillo (después de la polinización) y se torna color verde. Para el periodo (C), el conillo dentro de su desarrollo, adquiere estructuras leñosas (cono) y tonalidades color café. Finalmente el periodo (D), se observa cuando se inicia la apertura de las escamas y la dispersión de la semilla (Fig. 3).

Duración y periodicidad de las observaciones fenológicas. Dada la duración de dos años del ciclo reproductor de las coníferas es conveniente que se realicen observaciones durante estos ciclos y con periodos de observación mensual.

Sin embargo, existen ligeras variaciones en tiempo y duración de las fases fenológicas entre árboles sobre todo en el periodo (C) de la floración y (D) de la fructificación, se sugiere que para estos periodos se realicen observaciones quincenales.

Evaluaciones fenológicas. Cada uno de los periodos antes señalados para cada fenofase se evaluará individualmente, por árbol considerando una escala con rangos de cero a cuatro (Venegas, 1976) con el siguiente significado:

- 0 - Ausencia total del fenómeno observado,
- 1 - Presencia del fenómeno con magnitud entre 1 - 25^o/_o,
- 2 - Presencia del fenómeno con magnitud entre 26 - 50^o/_o,
- 3 - Presencia del fenómeno con magnitud entre 51 - 75^o/_o y
- 4 - Presencia del fenómeno con magnitud entre 76 - 100^o/_o.

Para la evaluación del árbol se marcará un número determinado de ramillas (20 a 30) estratégicamente ubicadas, preferentemente de la parte alta, media y baja de la copa; el marcaje se hará con listones de un color vistoso (rojo) para que sean visibles a distancia, ya que esto facilitará la realización de las observaciones (con binoculares) y determinar así las magnitudes de los diferentes periodos de las fenofases.

Análisis de las observaciones fenológicas. Después de haber cubierto el periodo y las observaciones indicadas, se procederá a recabar la información y elaborar los calendarios y/o gráficas para la representación de estas fenofases, asimismo, se graficarán los porcentajes de evaluación por árbol y entre especies y se elaborarán programas estadísticos con algunos parámetros como media, varianza, desviación estándar, coeficientes de variación y el cuadro de análisis de varianza con la $F_t F_c$ para los datos obtenidos.



Periodo B de la floración de
Pinus lawsonii

Periodo A de la floración de
Pinus douglasiana



Periodo A de la fructificación de
Pinus pringlei



Periodo B, C y D de la fructificación de
Pinus oocarpa



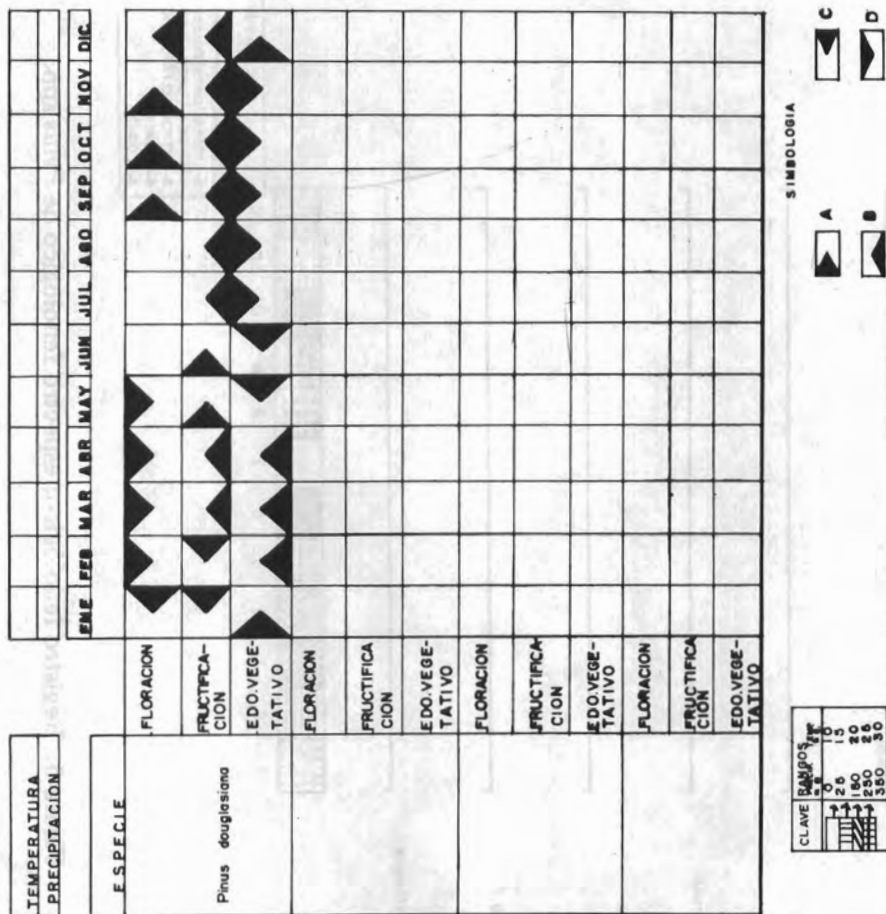
Periodo B del estado vegetativo de
Pinus teocote

Figura 3. Diversos periodos fenológicos en especies de pinos.

Para realizar una correcta interpretación de los resultados es conveniente la elaboración de calendarios fenológicos globales lo más conciso que se pueda tanto en el aspecto de claves y simbologías como de los periodos de cada una de las fenofases, es importante que las gráficas, fenogramas y espectros fenológicos sean lo más representativo para cada especie y de cada evento ya que esto permitirá una debida comprensión de los resultados, como ejemplos de la forma de representarlos (Figs. 4, 5, 6 y 7).

CONCLUSIONES

- La metodología citada sólo está diseñada para especies de coníferas de clima templado; sin embargo, puede ser probada en otros tipos de vegetación con las debidas modificaciones.
- En función de una eficaz y adecuada aplicación de la metodología propuesta, se tendrán resultados favorables que puedan coadyuvar en los trabajos de recolección de semillas, material vegetativo, estudios genéticos y, sobre todo, a la comprensión de la dinámica de las comunidades forestales.
- Se recomienda realizar con precisión todas las consideraciones citadas para obtener resultados confiables que se apeguen a la realidad de los procesos intrínsecos de las especies forestales.
- La metodología propuesta sin pretender ser la más adecuada, aporta un avance y puede, a medida que sea usada ser modificada.



MABG/PMH

Figura 4. Registro fenológico: ciclo anual de desarrollo de *Pinus* spp.

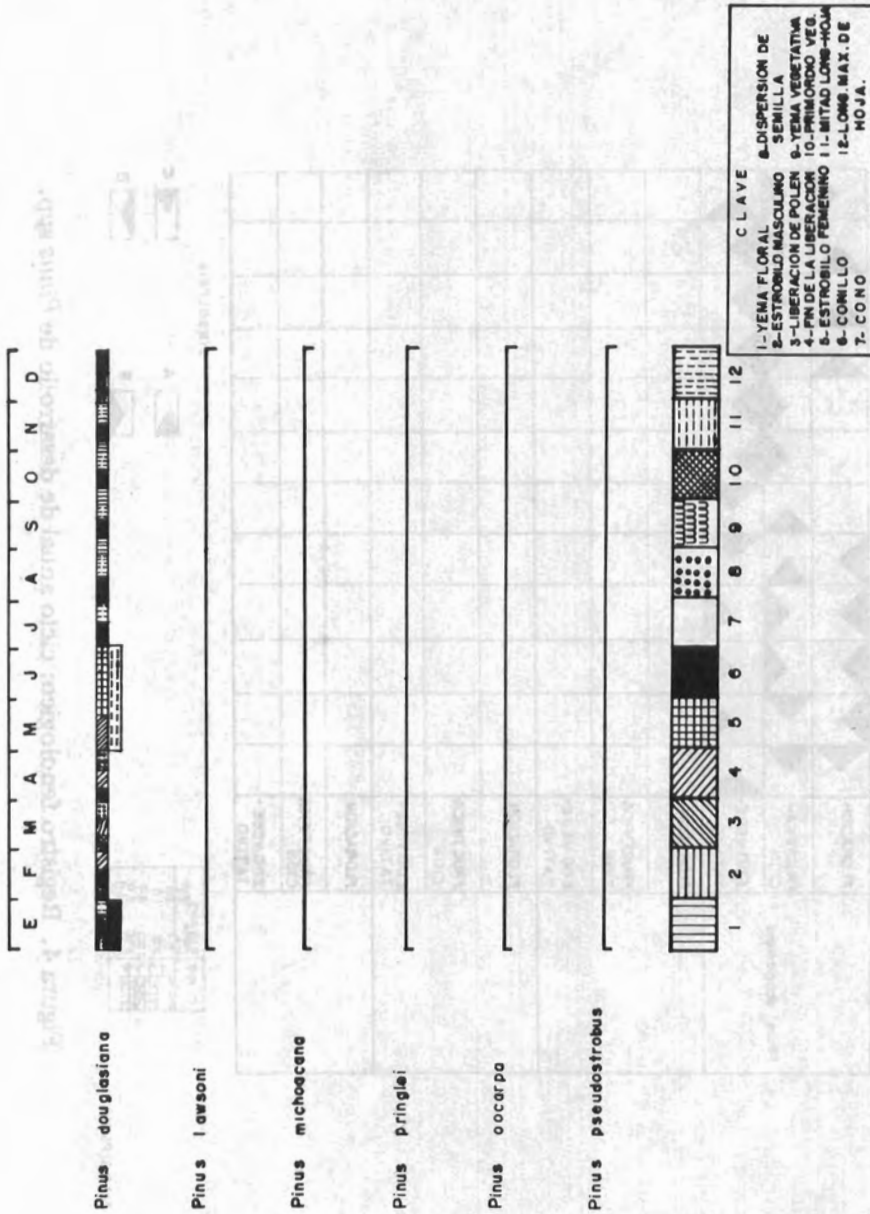


Figura 5. Registro fenológico: espectro fenológico de *Pinus* spp.

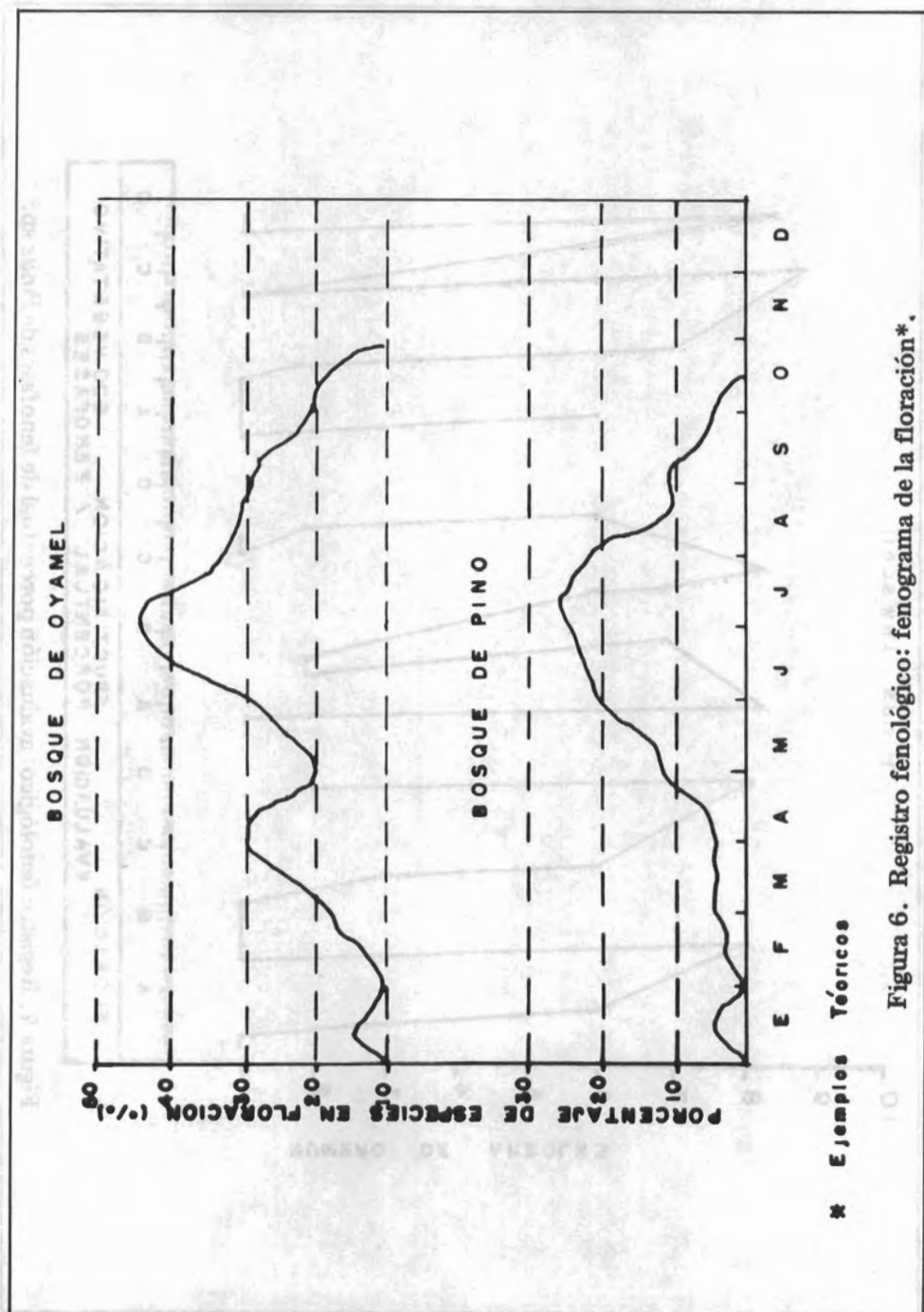


Figura 6. Registro fenológico: fenograma de la floración*.

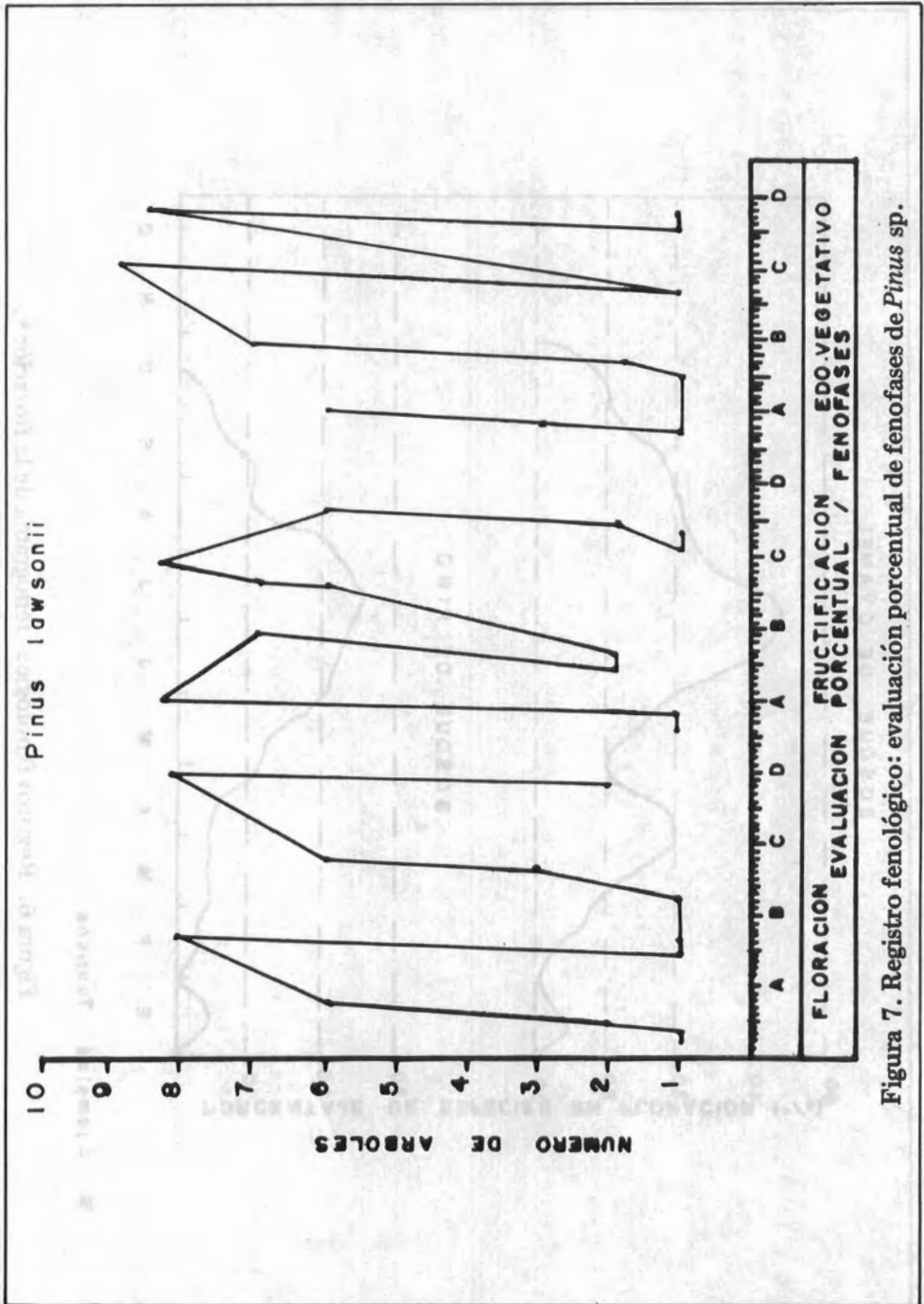


Figura 7. Registro fenológico: evaluación porcentual de fenofases de *Pinus sp.*

BIBLIOGRAFIA

- ABBE, C. 1905. A first report on the relations between climates and crops. U.S. Department of Agriculture. Weather Bureau Government Printing Office. Washington, D.C. 36 (342): p. 386.
- BELLO, G.M. 1983. Estudio fenológico de cinco especies de *Pinus* en la región de Uruapan, Mich. Bol. Téc. No. 96. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARH. México, D.F.
- COX, W.G. 1967. Laboratory manual of general ecology. Brown Company Publishers, New York.
- FOURNNIER, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. Turrialba, Vol. 24 (4): 422-423. Costa Rica.
- FRANKIE, G.W., H.G. BAKER and P.A. OPLER. 1974. Tropical plant phenology applications for studies in community ecology. In: H. Lieth (Ed.). Phenology and Seasonality Modeling 287-296. Spring Verlag, Berlín.
- KAEMPFERT, W. 1948. Zur phänometrie. Wetter and klima 1:40-52.
- KOSKI, V. 1970. A study of pollen dispersal as a mechanism of gene flow in conifers. Comm. Inst. For. Fenn. 70: 1-78.
- MORGEN, A. 1949. Phänometrie des flachenwachstums lebender pflanzenblätter. Wetter and klima 2: 1-15.
- REAUMUR, R.A. 1735. Observations de thermometre, faites a Paris pendant l'anne 1735, comparees avec celles qui ont ete faites son la ligne, a l' Isle de France, a Alger, et en quelques unes des nos Isles de l' Amerique. Mem. Paris Acad. Sci. p. 545.
- ROS, A. 1984. Fenología de una comunidad secundaria derivada de selva

alta perennifolia del estado de Veracruz, México. Lab. de Ecología, Facultad de Ciencias, UNAM (Trabajo presentado en el Congreso Mexicano de Botánica del 9 al 14 de septiembre de 1984, México, D.F.).

SCHNELLE, F. 1955. Pflanzen-Phänologie (Probleme der Bioklimatologie Bd. III). Leipzig: Akad Verlagsgens.

THORNTHWAITE, C.W. 1952. Climate in relation to planting and irrigation of vegetable crops, *In*: Proc. VIII Gen. Asem. XVII Congr. Internat. Geographical Union, Washington, D.C. 290-295.

TORRES, R.E. 1983. Agrometeorología. Editorial Diana. México.

VENEGAS, T.L. 1976. Metodología para observaciones fenológicas. INDERENA, INVA, FAO, COL. 74.005. Bogotá.

APENDICE

Forma de Registro No. 1

REGISTRO FENOLOGICO
INFORMACION DASOMETRICA

INDIVIDUO	ALTURA m	COBERTURA %	DIAMETRO cm	ESPESOR CORTEZA mm	EDAD (AÑOS)	OBSERVACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Forma de Registro No. 3

REGISTRO FENOLOGICO
ANALISIS DE SUELOS

Sitio _____ Lugar _____ Paraje _____
 Pendiente _____ Exposición _____ Altitud _____ m. S. N. M.
 Observaciones _____ Fotos _____ Fecha _____
 Levantó _____

PROFUNDIDAD	COLOR		TEXTURA	E S T R U C T U R A			H	DIBUJO DEL PERFIL
	S	H		TIPO	CLASE	GRADO		

TIPO DE SUELO _____

REGISTROS FENOLOGICOS
OBSERVACIONES DE CAMPO

Forma de Registro No. 5

1. Especie _____ 2. Sitio _____
3. Mes de observación _____ 4. Quincena _____
5. Levantó _____

INDIVIDUO	FASES FENOLOGICAS											
	FLORACION				FRUCTIFICACION				EDO. VEGETATIVO			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

INTERPRETACION DE FENOFASES: CLAVE DE EVALUACION (VENEGAS, 1976)

FLOR:

A - YEMA

B - ESTROBILO

C - LIBERACION DE POLEN

D - FIN DE LA LIBERACION

FRUTO

A - ESTROBILO

B - CONILLO (VERDE)

C - CONO

D - DISPERSION DE SEMILLAS

EDO. VEGETATIVO:

A - YEMA

B - PRIMORDIO VEGETATIVO

C - MITAD DE LA LONGITUD

NORMAL DE LA HOJA

D - LONGITUD MAXIMA DE HOJA

0 - AUSENCIA DE FENOFASE

1 - PRESENCIA DE FENOFASE

CON MAGNITUD ENTRE 1-25%

2 - MAGNITUD ENTRE 26-50%

3 - MAGNITUD ENTRE 51-75%

4 - MAGNITUD ENTRE 76-100%