

INFLUENCIA DEL CLIMA SOBRE LA PRODUCCION DE LOS ARBOLES FRUTALES DE HOJA CADUCA

Dr. FERNANDO SANTIBAÑEZ Q.
Depto. Ingeniería y Suelos

Los árboles frutales de clima templado, o de hoja caduca, evolucionaron en regiones climáticas donde el ciclo anual de temperaturas genera estaciones bien definidas. El verano cálido y favorable para el crecimiento y la fructificación contrasta con el invierno frío en el cual las frecuentes heladas matan los tejidos en crecimiento. Este hecho los hizo adaptarse al medio concentrando su crecimiento durante la estación cálida, desprendiéndose de sus órganos tiernos durante el otoño, para entrar luego en reposo durante la estación fría en la cual sólo conservan los órganos resistentes a las bajas temperaturas.

Para cualquier observador parece natural y evidente que una vez llegada la primavera, los árboles salgan de su estado de reposo e inicien una intensa actividad, brotando y floreciendo. Igualmente natural le resulta que una vez terminada la cosecha y llegado el otoño, los árboles desprendan sus hojas y entren en un estado de letargo invernal. Para poder sincronizar este ciclo biológico con el ciclo climático, estas especies deben poner en juego un complejo sistema hormonal que les sirve de sensor y reloj fisiológico a la vez (Evans, 1971).

Durante el reposo invernal los árboles mantienen una verdadera cuenta regresiva activada por el frío. Las yemas no saldrán del reposo mientras su sistema bioquímico no haya contado con un número suficiente de horas con temperaturas inferiores a 7°C (vernalización). El número total de estas horas de vernalización es regulado por el código genético, y está en relación con la longitud del invierno en el clima de origen de cada especie y variedad.

Mientras el total de horas de frío no se haya completado, el árbol no estará preparado para recomenzar su actividad. Este mecanismo de seguridad es el que le impide brotar anticipadamente en caso de haber un período ocasional de calor en medio del invierno; de no ser así el árbol quedaría accidentalmente expuesto al rigor de las heladas invernales.

Hay un cierto consenso en el hecho de que los frutales perciben como frío a las temperaturas que oscilan entre los 12°C y los -6°C, siendo las más eficientes aquellas comprendidas entre 7°C y 0°C (Lamb, 1948). Si durante el período de acumulación de frío, las temperaturas máximas sobrepasan los 20°C, éstas revierten la cuenta restando horas de frío del valor acumulado hasta entonces (Chouard, 1960). Para las condiciones climáticas de la zona central de Chile este hecho es de poca relevancia, puesto que las temperaturas mínimas invernales oscilan entre 2 y 6°C (sector de máxima eficiencia del frío), y las máximas rara vez superan los 16°C. Esta es una de las razones que explica por qué las mismas varie-

dades vernalizan satisfactoriamente con menos horas de frío en el valle central de Chile que en ciertas áreas californianas.

Una vez completado el registro de frío por parte de las yemas, el reloj interno indica que el invierno ha pasado, quedando fisiológicamente aptas (vernalizadas), para brotar en cuanto las temperaturas primaverales se alcen por sobre el umbral de crecimiento de la especie (Chandler y Brown, 1951). Cuando los inviernos son suficientemente fríos las yemas quedan vernalizadas antes del fin de la estación en espera de los primeros calores primaverales para brotar (Figura 1). En el caso de que el invierno no sea lo suficientemente frío y no se lleguen a completar las horas requeridas, las temperaturas primaverales, si son lo suficientemente altas, suplirán parcialmente el déficit de frío, produciéndose igualmente la brotación. Si el déficit de frío es muy agudo, la brotación y la floración se producirán bajo condiciones forzadas por la temperatura primaveral provocando un stress fisiológico que repercutirá en la fructificación: caída de yemas, floración irregular y anormalmente larga, aborto de flores y frutos, cuaja reducida, frutos agrupados en extremos de ramillas, aborto de estilos, alteraciones del polen, pistilos múltiples que producen frutos múltiples, baja producción de polen, flores pequeñas y deformadas (Tabuenca, 1965).

Si la salida del reposo invernal ha sido normal, la floración se producirá temprano en primavera, dejando así a las yemas, brotes y flores expuestos a las heladas tardías. Si el curso de la vernalización es la primera etapa que decide la producción del año, la de las heladas, es la segunda etapa crítica. El daño provocado por una helada depende de su intensidad, pero puede ser atenuado o intensificado por factores asociados como la velocidad y duración del congelamiento y descongelamiento, la humedad relativa, la presencia de escarcha, el viento, el estado nutricional y la altura de los árboles. La sensibilidad de los tejidos a las heladas va en aumento desde el estado de yema hasta el de cuaja, estado este último en el cual hay menos tolerancia al frío. Aunque las especies varían en resistencia a las heladas, las temperaturas críticas de daño son, en promedio, de 6°C bajo cero en yema hinchada, 4°C bajo cero en botón floral, 2 a 3°C bajo cero en plena flor, y, entre 1°C bajo cero y 1°C sobre cero durante la cuaja (Saunier, 1960). A menudo una helada en plena flor no produce daños aparentes, pero el pistilo que es muy sensible al congelamiento, puede necrosarse impidiendo la fecundación de los óvulos. Los frutos pequeños tienen su punto más sensible en el pedúnculo, el cual se necrosa y estrangula haciéndolos caer.

Luego de una helada los frutos pequeños pueden aparecer punteagudos lo cual corresponde al tejido muerto, y con el corazón oscuro debido a la muerte de las semillas. De no caer el fruto, éste presentará hendiduras y tejido suberizado en su superficie.

Durante el reposo invernal los órganos dormantes

adquieren una gran resistencia al frío. Las raíces no sufren daño importante a menos que la temperatura del suelo descienda, en el invierno, por debajo de los -7°C . En la zona frutícola chilena esto no constituye un problema, pues, las temperaturas más bajas que alcanza el suelo son de alrededor de 0°C (Figura 2)

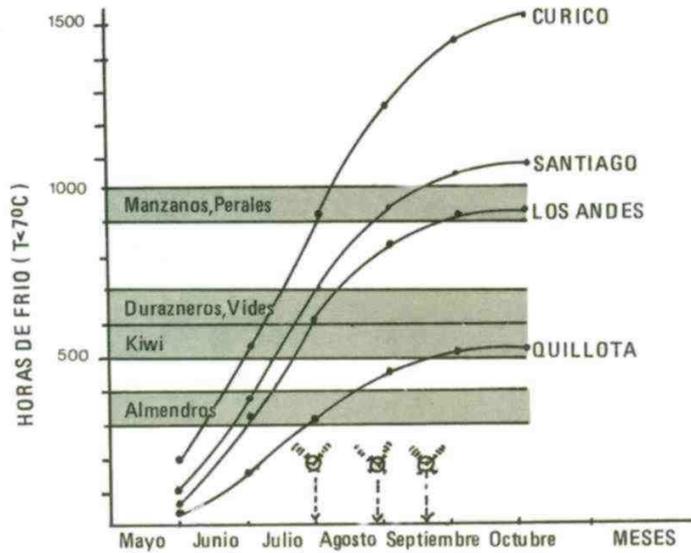


Figura 1. Curso de acumulación de frío invernal en 4 sectores frutícolas. Se destaca el momento en que quedarían vernalizadas las yemas de una variedad de manzana con 900 a 1.000 horas de requerimientos de frío.

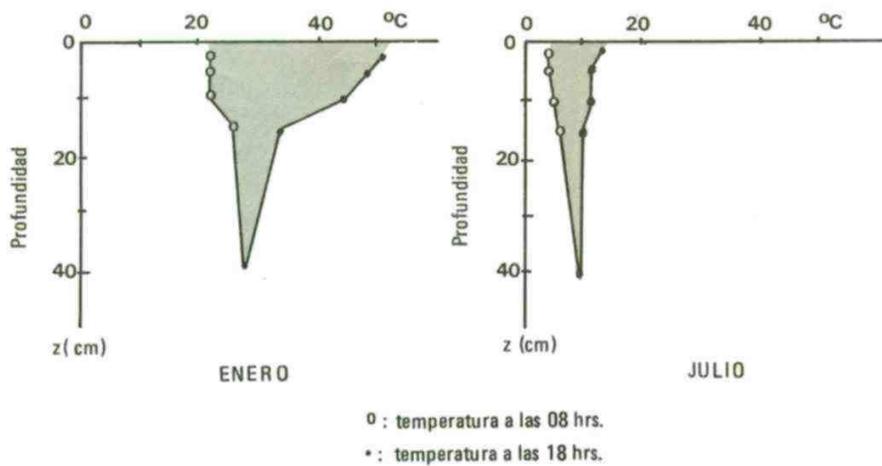


Figura 2. Variación de las temperaturas del suelo en los meses extremos en Santiago (Campus Antumapu).

Las yemas en dormancia, por su parte, resisten sin daño aparente temperaturas de -15°C o algo inferiores, mientras que el tronco soporta hasta -20°C . Se exceptúa de esta regla el kiwi, el cual, con temperaturas de -4°C o inferiores, sufre necrosis del cuello, en tanto que la corteza (floema) se separa del resto de la madera. La Figura 3 muestra las variaciones en la sensibilidad del duraznero a través de su ciclo anual. Es necesario destacar que las temperaturas mínimas del aire a nivel del suelo son aproximadamente $2,5^{\circ}\text{C}$ más bajas que la temperatura medida en la altura estándar del cobertizo meteorológico (1,5 m). Esto explica el hecho de que a veces observemos escarcha a nivel del suelo cuando el termómetro ha marcado temperaturas levemente superiores a 0°C .

El valle central de Chile tiene un régimen de heladas relativamente benigno. No obstante esto, las heladas tardías de primavera pueden causar problemas de producción durante la floración y la cuaja. El Cuadro 1 muestra el régimen de heladas del Área de Santiago, lo que permite prever la probabilidad de que diversas especies sufran daños en sus períodos críticos (Santibáñez y Merlet, 1987).

Durante la floración las temperaturas juegan un importante papel regulador en la polinización. El polen no germina con temperaturas inferiores a 5°C . Entre 5 y 10°C el tubo polínico crece lento, demorando demasiado tiempo en alcanzar el ovario. Durante este lapso pueden degenerar los óvulos volviéndose inviables, o bien puede abortar el estilo cuya vida es de sólo algunos días. Por sobre los 10°C el polen de ciruelos, manzanos y perales germina y fecunda a los óvulos en el plazo de 2 a 4 días.

Entre 15 y 21°C la germinación se produce en condiciones óptimas. Por sobre los 28°C el tubo polínico crece a velocidad aceptable pero aumentan los riesgos de desecación del estigma haciendo fracasar la fecundación. Otra causa de fracaso son las temperaturas superiores a 30°C que pueden provocar la ruptura del frágil tubo polínico. Estas mismas temperaturas provocan la pérdida de flores y frutos recién cuajados debido a la formación de una capa de abscisión en la base de los pedúnculos (Martínez Zaporta, 1964). Esto ocurre con mayor intensidad en lugares con baja humedad relativa y riego deficiente.

El régimen de temperaturas controla indirectamente

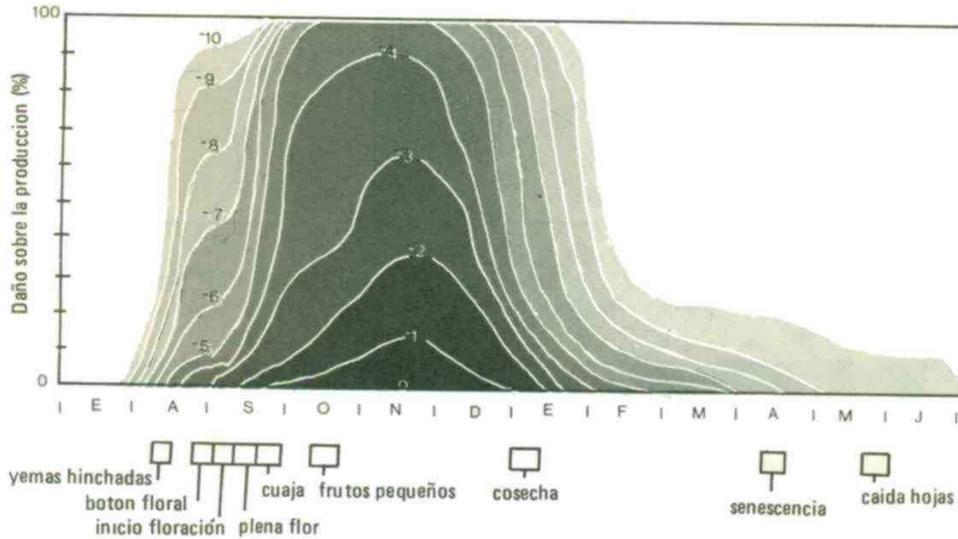


Figura 3. Evolución de la sensibilidad del duraznero a las heladas en la zona central de Chile (preparado por el autor sobre la base de una recopilación de información).

CUADRO 1

Número de heladas por mes, que superan distintas intensidades en el área de Santiago													
Temp.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
0	0,0	0,0	0,0	0,8	2,3	7,8	8,5	6,7	2,7	0,0	0,0	0,0	28,9
-2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	3,0	3,4	2,4	0,7	0,0	0,0	0,0	10,1
-4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	1,0	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	2,7
-6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
-8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
-10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

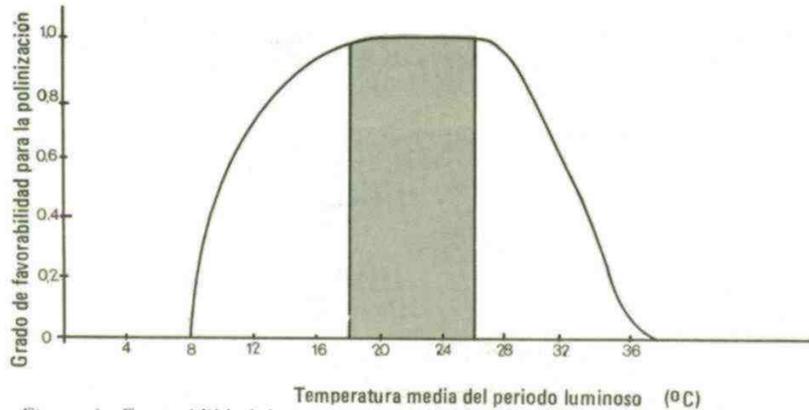
Fuente: Información generada a partir de datos obtenidos en la Estación Meteorológica de Pudahuel.

el éxito de la polinización a través de su efecto sobre la actividad de los insectos. Bajo los 10°C las abejas se muestran muy poco activas, mientras que el vuelo es máximo entre los 20 y 22°C.

La Figura 4 muestra el grado de favorabilidad de las temperaturas para la polinización; ella combina los conceptos indicados anteriormente y ha sido establecida sobre la base de información recogida de diversas publicaciones sobre el tema (Santibáñez, 1986).

Una vez producida la fecundación y cuajada la fruta viene un período de crecimiento de los frutos en el cual es esencial que la capacidad fotosintética del árbol sea máxima. Debe recordarse que las hojas que más contribuyen con azúcares hacia los frutos son aquellas que se encuentran más próximas a éstos. El raleo de hojas debe hacerse en el sentido de permitir a éstas una máxima iluminación. Hay suficientes evidencias que la capacidad

fotosintética de las hojas se ve estimulada por la presencia de los frutos u otros órganos en proceso de crecimiento que originan una demanda de carbohidratos. La duración de cada fase de desarrollo y del período de crecimiento y maduración de frutos están controlados genéticamente; Sin embargo, la acumulación de unidades de calor o grados-día puede modificarla en algunos días. El conocimiento de la secuencia de los eventos de desarrollo, o eventos fenológicos, es de gran importancia en la interpretación del efecto del clima sobre la producción. Cada fase tiene requerimientos y sensibilidades que le son propias frente a las heladas, la temperatura, la luminosidad, el riego y otras. La Figura 5 muestra la secuencia fenológica promedio para varias especies frutales en la zona central de Chile.



	SEMANA																					
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª						
	Ago	Ago	Ago	Ago	Sep	Sep	Sep	Sep	Oct	Oct	Oct	Oct	Nov	Nov	Nov	Nov	Dic	Dic	Dic	Dic	Ene	Ene
Duraznero	1	1	2	2	3	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8
Damasco	1	1	2	2	3	4	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8
Ciruelo	1	1	2	2	3	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8
Cerezo	0	0	0	0	1	1	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8	8				
Uva	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	5	5	6	6	7	7	7	8

1 : Yemas hinchadas. 4 : Plena flor. 7 : Crecimiento de frutos.
 2 : Botón floral. 5 : Cuaja. 8 : Madurez.
 3 : Inicio de floración. 6 : Frutos pequeños.

Figura 5. Secuencia de fases fenológicas en la zona central de Chile para las siguientes especies y variedades frutales: duraznero (Fortuna), damasco (Tilton), ciruelo (Santa Rosa), cerezo (Corazón de paloma), vid (Sultanina).

El exceso de calor o de frío altera la velocidad de desarrollo de los frutos forzando el plan genético del árbol. En el caso de exceso de calor, los frutos inician el proceso de maduración antes de alcanzar el tamaño esperado; deficiencias de calor pueden retardar la maduración favoreciendo el crecimiento; esto, siempre que el frío vaya acompañado de una intensidad lumínica adecuada. Un período de frío y nuboso no ejerce ningún efecto benéfico sobre el tamaño de la fruta. Durante la maduración, las temperaturas máximas y, especialmente las mínimas, juegan un papel importante en la adquisición de color; esto es de apreciable importancia en manzanas rojas. Una fuerte diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas es, en general, favorable para la acumulación de azúcares. Las temperaturas nocturnas altas favorecen el desdoblamiento de azúcares, generando frutos desabridos (problemas de los trópicos).

Luego de la cosecha, el árbol utiliza al máximo su capacidad fotosintética para generar y almacenar reservas energéticas que le permiten subsistir durante el reposo y afrontar el fuerte esfuerzo de la brotación y floración. Durante este período es de vital importancia la luminosidad, problema frente al cual el valle central chileno es privilegiado (Figura 6).

La cantidad de carbohidratos energéticos que el árbol logre almacenar hacia el final del verano es de gran importancia en la iniciación floral del año siguiente. Aunque no se ha indicado, es obvio que el régimen hídrico del suelo juega un papel de primer orden para que el árbol consiga sus objetivos entre la brotación e inicio de la senescencia foliar.

El descenso de las temperaturas en otoño desencadena el proceso de senescencia de las hojas, las cuales comienzan a amarillarse debido a la formación de una capa de abscisión en la base de su pecíolo produciéndose posteriormente su caída. Otoños cálidos tienden a dilatar la entrada en dormancia, la cual puede ser poco profunda en invierno, acarreado riesgos de brotación y floración tempranas y desordenadas. Una vez comenzada la dormancia, las yemas comienzan su cuenta regresiva de horas de frío. Ha terminado un ciclo y comienza el próximo. La Figura 7 muestra un esquema generalizado de esta admirable sincronización biológica de los árboles frutales con el clima.

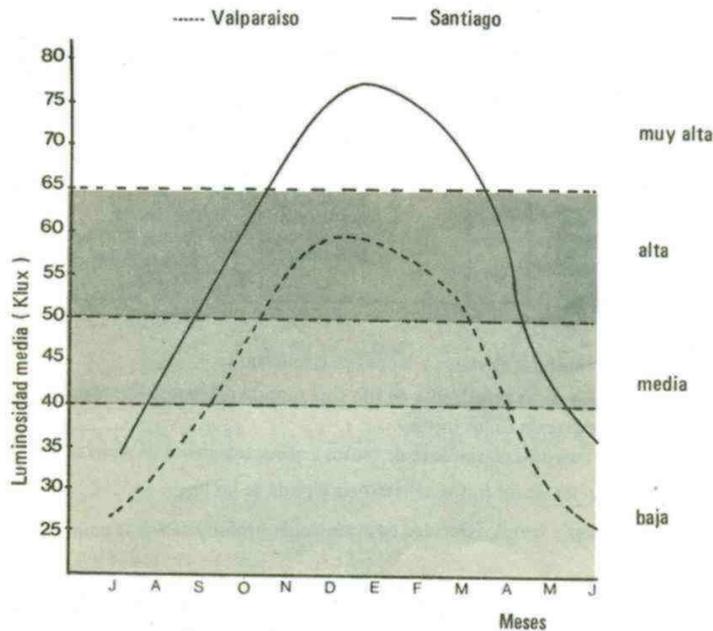


Figura 6. Variación mensual de la luminosidad en el valle central y en el litoral de Chile.

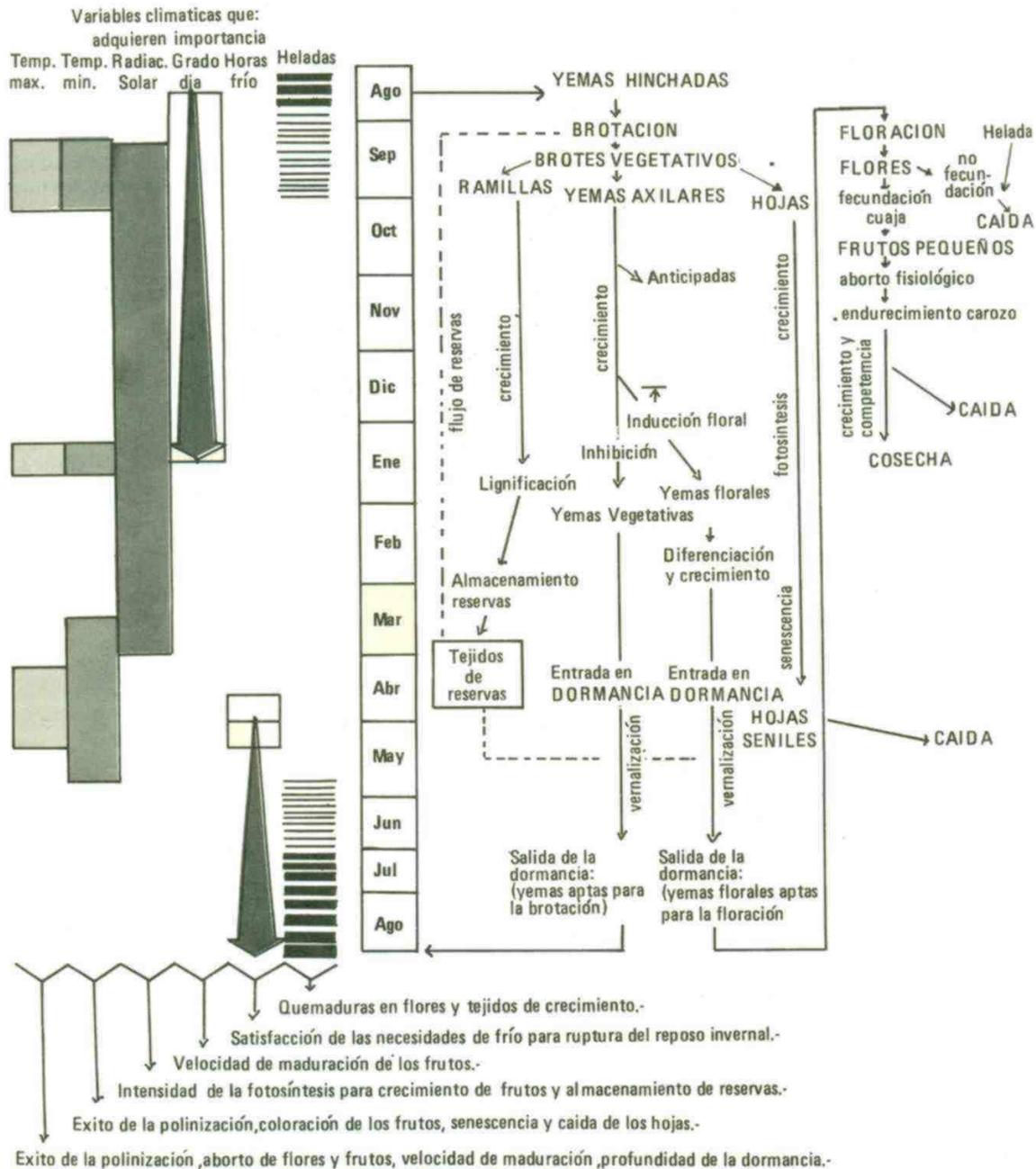
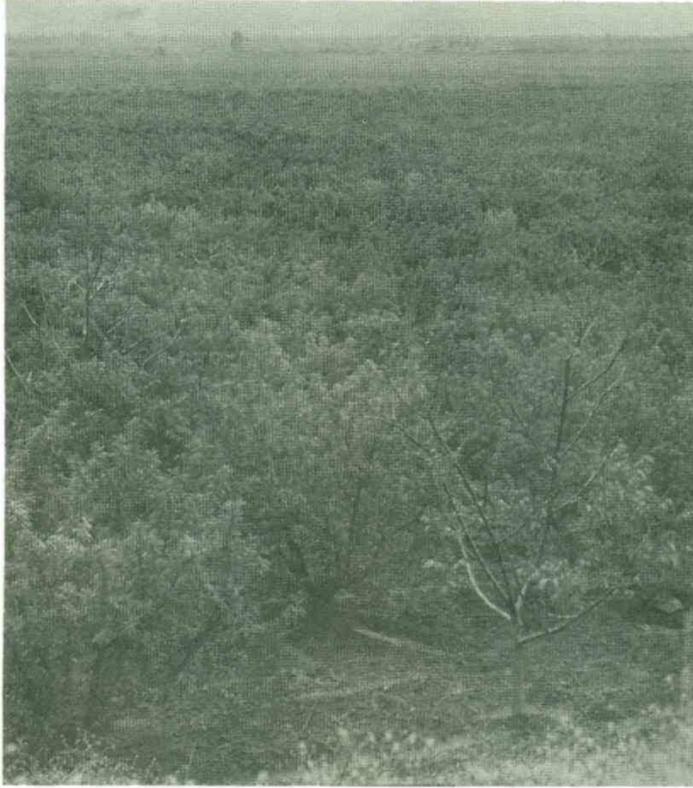


Figura 7. Secuencia temporal de los principales procesos que determinan la producción de los árboles frutales, y momento en que algunas variables climáticas influyen con mayor intensidad. El ejemplo corresponde a una variedad intermedia de duraznero, en un huerto adulto de la zona central de Chile.



Huerto de duraznero en la zona central de Chile. Una de las especies frutales cuya fisiología se muestra altamente dependiente de las condiciones climáticas.

BIBLIOGRAFIA

- CHOUARD, P. (1960). Vernalisation and its relations to dormancy. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 11, 191-227.
- CHANDLER, W.H. y BROWN, D.S. (1951). Deciduous orchards in California winters. *Calif. Agr. Ext. Serv. Circ.* 179, 38 p.
- EVANS, L.T. (1971). Flower induction and the florigen concept. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 22, 365-394.
- LAMB, R.C. (1948). Effect of temperatures above and below freezing on the breaking of rest in the Latham raspberry. *Proceed. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 51, 313-315.
- SANTIBAÑEZ, Q.F. (1986). *Modelisation Agroecologique appliquée à l'analyse et la zonification de la productivité des cultures.* Thèse Docteur Es Sciences. Universidad de Paris. 350 p.
- SANTIBAÑEZ, Q.F. y MERLET, B.H. (1987). Los regímenes de heladas en la zona central de Chile. *Revista ACONEX* (en prensa).
- SAUNIER, R. (1960). La lutte contre les gelées printanières chez les arbres fruitiers. *Pomol. franc.* 2 (7): 5-12 y 2 (8): 11-15.
- TABUENCA, M.C. (1965). Influencia del clima en plantaciones frutales. *Boletín N° 8 CSIC. Est. Exp. de Aula Dei.* Zaragoza, España.