

## Influencia del Clima sobre las Plantas

Los elementos del clima que mayor influencia ejercen sobre los vegetales son:

- marcha de la temperatura
- longitud del día
- agua

La producción vegetal está relacionada a la reacción entre la planta y el medio. Existen elementos bioclimáticos que ejercen influencia sobre el crecimiento (temperatura y agua) y elementos bioclimáticos que ejercen influencia sobre el desarrollo (temperatura y duración del día).

## Elementos Bioclimáticos para el Crecimiento

Estos elementos actúan desde un mínimo (limitante por defecto) hasta un máximo (limitante por exceso) pasando por un óptimo. Son, básicamente:

**Agua:** es el factor determinante del rendimiento. Existe un mínimo y un máximo, siendo posible entre estos límites, la acción combinada con otros elementos y de ese modo definir el ritmo de crecimiento y el consiguiente desarrollo.

En el caso de los frutales, las necesidades hídricas de las plantas varían en función de varios aspectos como la edad de las plantas, el tamaño y la época del año. Las plantas consumen menos agua cuando no tienen hojas y van intensificando el consumo hasta que llegan a los meses de diciembre - enero, en los cuales se producen los máximos de consumo. Una planta puede consumir unos 7 litros, como máximo, por metro cuadrado y por día, en los meses extremos.

En los frutales, uno de los que más consume es el peral, luego le siguen: durazneros, ciruelos y manzanos. En perales, el cv. Williams requiere mucha cantidad de agua cerca de la cosecha. El manzano requiere una cantidad de agua más o menos constante a partir del cuaje hasta la cosecha. (Extraído de "El riego en fruticultura, un factor clave". Entrevista a Antonio Requena, técnico del área Riego y Drenaje del INTA. Diario Río Negro Rural. 4 de octubre 2003.)

**Temperatura:** la temperatura del aire es un elemento bioclimático que favorece o promueve el aumento de la masa vegetativa. El crecimiento de una planta se detiene cuando la temperatura del aire desciende por debajo de un cierto valor mínimo o excede un cierto valor máximo. Entre estos límites existe un rango óptimo, en el cual la tasa de crecimiento es mayor. Estos valores o "umbrales" son conocidos como temperaturas cardinales. Se ha demostrado que, por razones de complejidad fisiológica, no es posible una determinación precisa de las temperaturas cardinales. No obstante, los valores aproximados de las temperaturas cardinales se conocen para la mayoría de las especies vegetales.

Con respecto a las temperaturas cardinales podemos distinguir:

Temperatura vital mínima: es la temperatura a la cual la planta comienza a crecer o bien, es la temperatura más baja a la cual un organismo puede vivir indefinidamente en estado activo. Ante incrementos de temperaturas, hay incrementos de crecimiento hasta llegar a:

Temperatura óptima: en la que se produce la mayor velocidad de crecimiento. La temperatura óptima para un proceso determinado, puede considerarse como aquella en la que el proceso se realiza a la máxima velocidad. Pero la temperatura correspondiente a dicha intensidad máxima es diferente para los distintos procesos que tienen lugar dentro de un mismo organismo. En plantas de zonas templadas, la temperatura óptima para la

germinación es diferente al valor óptimo para la fructificación y el óptimo para la floración también difiere de las anteriores.

Temperatura vital máxima: es la temperatura de mayor intensidad calórica bajo la cual la especie puede seguir viviendo indefinidamente en estado de actividad.

En los extremos encontramos:

Temperatura letal mínima: por debajo de la temperatura vital mínima, es la que produce la muerte por bajas temperaturas.

Temperatura letal máxima: está por encima de la temperatura vital máxima y la muerte se produce por altas temperaturas.

El ámbito de temperaturas efectivas dentro del cual el organismo puede vivir y fuera del cual se presenta la muerte, queda comprendido entre las temperatura vital mínima y temperatura vital máxima.

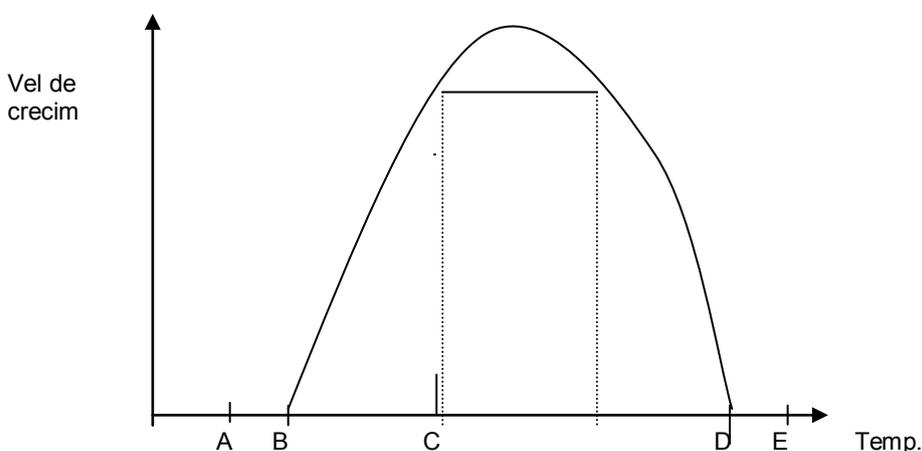


Fig. 6: Temperaturas cardinales.

En la figura 6 distinguimos:

A: temperatura letal mínima: es diferente según las especies sean perennes, de follaje caedizo o persistente, el estado de desarrollo del vegetal, etc.

B: temperatura vital mínima o umbral térmico inferior.

C: temperatura óptima o rango de temperaturas óptimas.

D: temperatura vital máxima o umbral térmico superior.

E: temperatura letal máxima.

Entre A y B y entre D y E, en estos límites, la temperatura no influye en el crecimiento: estado de reposo o letargo.

Temp. Cardinal	Cultivos de invierno	Cultivos de verano
B	5°C	10°C (7-18)
C	23-25°C	30-32°C
D	35°C	45°C

Cuadro 4 : Ejemplos de algunas temperaturas cardinales de cultivos invernales y estivales.

Ejemplos de temperaturas cardinales (Cuadro 4). El crecimiento óptimo de las raíces del maíz se produce entre 25 y 30°C y los límites extremos son 9 y 40°C.

La temperatura cardinal B, en el caso de los cultivos estivales, varía según la especie: girasol: 7°C, maíz: 10°C, sorgo: 15°C, algodón: 18°C (15.5°C).

### Elementos Bioclimáticos para el Desarrollo

Son los elementos del clima, de carácter continuo que posibilitan el cumplimiento del proceso fásico de un cultivo. La temperatura del aire y la duración del día son los elementos continuos y periódicos de mayor importancia.

**Temperatura:** la temperatura del aire influye sobre el proceso de desarrollo de los vegetales de tres maneras:

- a- por la acción de la acumulación de calor (sumas térmicas)
- b- por la acción de la acumulación de frío (horas de frío)
- c- por la acción de las amplitudes térmicas (termoperiodismo)

#### a). Sumas térmicas

Cuando se estudia la duración de un cultivo (de ciclo anual), se observa que ella no es constante, variando según las regiones y de acuerdo a los años y fechas de siembra.

Diversos estudios realizados concluyeron que si se suma la temperatura media diaria desde el día en que se produce la germinación hasta el momento de la madurez, la suma total es siempre la misma cualquiera haya sido la ubicación del cultivo y el año considerado. Estas sumas fijas para cada vegetal recibieron el nombre de constante térmica. La constante térmica también puede calcularse para cada subperíodo.

El concepto que las plantas tienen un “requerimiento de temperatura” para completar su ciclo, data del siglo XVIII, pero el mayor impulso a la teoría de acumulación energética o sumas de temperaturas necesarias para que un cultivo complete su ciclo, proviene de los últimos 70 años. A dicha acumulación se la designa de varias maneras: Suma de Unidades de Crecimiento, Sumatoria de Temperaturas, Sumatoria de Unidades Calóricas, Sumatoria de Grados-Día, etc.

Existen distintos métodos para estimar las sumas térmicas: método directo, residual, exponencial, termofisiológico, Weather Bureau, etc.

1.- **Método directo:** consiste en la suma de todos los valores de temperaturas medias diarias que superen el nivel térmico de 0°C durante un período dado, que puede ser un mes, un año o el lapso entre dos fases fenológicas. En este método no se computan los valores de temperaturas inferiores a 0°C.

$$\text{Ejemplo: } \sum_{1}^{365} \text{temperatura media diaria} \geq 0^{\circ}\text{C} = \text{grados- días anuales}$$

$$\sum_{F_1}^{F_2} \text{temperatura media diaria} \geq 0^{\circ}\text{C} = \text{grados-días del subperíodo}$$

2.- **Método residual:** en el método se considera útil toda temperatura superior a 0°C, pero en realidad, el crecimiento vegetal comienza con temperaturas más altas que el cero grado. Casi todas las especies agrícolas comienzan a crecer a partir de una temperatura particular para cada especie, lo que supone que toda temperatura inferior a este valor no

reporta ninguna utilidad al vegetal que se encuentra en descanso. Este nivel térmico se denomina “cero vital” o “temperatura base”. Para encontrar la verdadera eficiencia de una temperatura, se le debe restar la temperatura base. El residuo resultante es la temperatura efectivamente útil.

El método residual consiste en sumar las temperaturas medias diarias a las que se ha restado la temperatura del cero vital de crecimiento. Este método se llama, también, de las sumas térmicas efectivas o grados-días efectivos. La temperatura base inicial para el cómputo en cada cultivo debe ser determinada mediante experimentos a campo que incluyan todas las posibles variantes de complejos climáticos que permitan la incidencia de temperaturas diferentes (siembras continuadas, ensayos geográficos, etc.)

$$\text{Ejemplo: } \sum_{1}^{365} \text{ temperatura media diaria} - \text{temperatura base} = \text{grados-días efectivos anuales}$$

$$\sum_{F_1}^{F_2} \text{ temperatura media diaria} - \text{temperatura base} = \text{grados-día efectivos del subp.}$$

**3.- Método de Gilmore y Rogers (1958):** adoptado por la Oficina Meteorológica de EE.UU (Weather Bureau). Para realizar la acumulación de unidades de calor, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{unidades térmicas WB} = \frac{\text{Temp. Máx} + \text{Temp. Mín.}}{2} - 10$$

Se hace la salvedad que:

- Cuando la temperatura máxima supera los 30°C, se utiliza en la fórmula el valor de 30°C.
- Cuando la temperatura mínima es inferior a 10°C., en la fórmula se utiliza el valor de 10°C.

$$\text{Ejemplo: } \sum_{1}^{365} \frac{\text{Temp. Máx} + \text{Temp. Mín.}}{2} - 10 = \text{unidades térmicas WB anuales}$$

$$\text{Ejemplo: } \sum_{F_1}^{F_2} \frac{\text{Temp. Máx} + \text{Temp. Mín.}}{2} - 10 = \text{unidades térmicas WB del subperiodo}$$

La suma de temperaturas puede expresar la necesidad del vegetal para el desarrollo, siempre que la temperatura sea el único elemento, o el fundamental, determinante de la expresión de su desarrollo. Pero, cuando otros elementos contribuyen para el cumplimiento del proceso fásico, la suma de temperaturas como elemento biometeorológico del proceso resulta insuficiente.

La necesidad bioclimática (en suma de temperaturas), para completar el ciclo es diferente según el cultivo considerado. En el Cuadro 5, se señalan los requerimientos medios de suma de grados-día para una serie de cultivos sembrados en el hemisferio norte que, si bien puede diferir como expresión del índice biometeorológico para similares que se realizan en la Argentina, se los incluye para observar cuan diferente puede ser la necesidad entre especies.

Cuadro 5: Requerimientos calóricos de los cultivos durante el período vegetativo (Selyaninov, 1937)

Cultivo	$\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$ .-temperatura media diaria
Papa	900-1000
Lino	1500-1700
Maíz	2000-2300
Algodón	3200-3600
Citrus	4000-4500
Datilero	4500-5000

Existen otros métodos, que suman índices que reemplazan a los valores térmicos diarios, por ejemplo el método exponencial y el termofisiológico.

### Método de los Carpogrados o grados – día.

La *Carpocapsa pomonella*, como todo insecto, se desarrolla en función de la temperatura externa, mientras que los animales de sangre caliente se desarrollan en función del tiempo cronológico. En su ciclo de vida, cada estadio tiene una temperatura mínima y máxima para su desarrollo, pasando por un óptimo. Para pasar de un estadio al siguiente (huevo, larva, pupa y mariposa), se requiere una determinada cantidad de grados-día, que equivale a decir que cada uno de los estadios tiene requerimientos de calor que son constantes. El uso de métodos basados en la constante térmica o  $\Sigma$  de temperaturas, temperaturas acumuladas o termoacumulativas, tiene como finalidad prever la aparición de los primeros adultos provenientes de la generación invernante, el desarrollo del primer vuelo, eclosión de los huevos, etc. Se obtiene la temperatura media diaria con los datos de las temperaturas tridiarias y se le restan  $10^{\circ}\text{C}$ . que es el umbral de desarrollo. La aparición se produce a los  $90-100^{\circ}$  de acumulación de calor y el daño (según nivel de captura) aparece a los  $250^{\circ}\text{D}$ .

### b). Acumulación de frío

Aquí no se considera la acción de las bajas temperaturas por su efecto tanto climático (muerte de los tejidos), sino la acción de las bajas temperaturas durante el período de descanso o de crecimiento mínimo en los cultivos criófilos.

En mayor o menor grado las especies perennes caducifolias o cultivos anuales invernales tienen un requerimiento de enfriamiento por debajo de su cero vital mínimo de crecimiento, exigencia que si no se satisface, determina comportamientos anómalos tanto fenológicos como fenométricos (rendimiento) al reiniciarse el crecimiento primaveral o para la conclusión del ciclo vegetativo anual.

En 1930, Nightingale y Blake, comprobaron que las ramitas de manzano y duraznero detenían su crecimiento cuando la temperatura descendía por debajo de  $7^{\circ}\text{C}$ . y consideraron como “**horas de frío**” para el desarrollo, las que actuaban sobre el vegetal en descanso por debajo de ese nivel y en cantidad variable para las distintas especies.

La cuantificación del enfriamiento que reciben las plantas se puede estimar o calcular de diferentes maneras como: temperaturas medias del mes mas frío del año, temperatura mínima media mensual, temperatura mínima media anual, etc. Pero lo mas usado es el número de **horas de frío**, entendiéndose esto como la sumatoria de horas en que el vegetal está sometido, durante el descanso vegetativo (abril a agosto en el hemisferio Sur), a temperaturas iguales o inferiores a  $7^{\circ}\text{C}$ . Estas son las horas de frío efectivas. Las horas de frío anuales son aquellas temperaturas iguales o inferiores a  $7^{\circ}\text{C}$  que se contabilizan a lo largo del año.

El conocimiento de las horas de frío normalmente acumulables en una localidad o región (de abril a agosto), permite evaluar la posibilidad de cultivo de las variedades de especies frutales de hoja caduca.

Las horas de frío que se suceden en forma continua, sin alternancia de altas y bajas temperaturas, son mucho más efectivas que cuando ocurren períodos alternados. Las altas temperaturas tienden a anular el efecto de las horas de frío.

Valores medios de necesidades de horas de frío en especies frutales caducas:

- manzano: 1000 horas
- peral : 900 horas
- duraznero : 600 horas
- ciruelo europeo: 500 horas
- ciruelo japonés : 400 horas
- damasco, almendro y avellano: 200 – 300 horas

La acción de la falta de frío se ejerce sobre los distintos órganos de la planta:

\* Sobre las yemas: durante los inviernos cálidos se produce la caída de yemas tanto de madera como mixtas. Y como las yemas de madera son más exigentes en frío, la planta se desprende, primero, de ellas. El orden de la caída comienza en las yemas laterales de las ramitas. Si la deficiencia en frío es muy marcada, puede producirse, además, la caída de las yemas apicales. Finalmente, se llega a la muerte de la ramita por falta de yemas. Es común en áreas con falta de frío invernal, que los árboles frutales broten solamente en los extremos de las ramitas dificultando su poda.

nu nanimreted oírf ed saroh ed nóicalumuca ajab noc sonreivni sol :nóicarolf al erboS \*  
atraso en el comienzo de la floración de los frutales criófilos. Y cuanto mas elevada sea la temperatura durante el período de reposo, mayor es la falta de "energía de fase" que se valora por el número de días que transcurren desde la aparición de la primera hasta la última flor. Es decir, hay un aumento en los días de duración de la floración. Otra anomalía que se observa es la segunda floración, que suele producirse en algunos frutales durante el otoño.

ed daditnac ronem ed aicnetsixe al animreted selarolf samey ed adíac al :oturf le erboS \*  
frutos sobre el árbol. Y como el cuaje se produjo a través de un período de floración dilatado, es común la existencia de frutos de tamaño y maduración despareja.

osnacsed ed atlaf al y sajuh ed daditnac ronem ed aicnetsixe al :dativegnol al erboS \*  
determinan la pérdida de vitalidad de las plantas sometidas a un régimen térmico invernal favorable para el crecimiento. Las fases se superponen, siendo común observar en el Norte de Argentina, durazneros que durante el invierno presentan ramas en descanso, ramas floreciendo y también ramas con frutos de diferentes tamaños. Todo esto lleva a que el período de vida útil de los árboles sea inferior al que normalmente tienen en lugares con inviernos lo suficientemente fríos.

y atnalp al ed sonagró sol erbos sadalañes saicneicifed sal sadot :otneimidner le erboS \*  
sobre el proceso biológico, confluyen en una disminución del rendimiento final.

Un avance en el concepto de horas de frío como requerimiento de los frutales criófilos, se logró con la caracterización reciente de la acción que tienen diferentes temperaturas y que generan las denominadas **unidades de frío** o **unidades de enfriamiento** de Richardson (1973).

Una unidad de frío equivale a 1 hora de exposición a 6°C (Cuadro 6). Las temperaturas horarias son transformadas en unidades de enfriamiento, según su efecto en la acumulación de frío. Ejemplo: en Utah (EE.UU) la variedad de duraznero Red Haven necesita 870 unidades para romper el descanso y la variedad Elberta 790 unidades (Richardson, 1974).

Horas con temp.	unidades de frío
< 1.4°	0
1.5 – 2.4°	0.5
2.5 – 9.1°	1
9.2 – 12.4°	0.5
12.5 – 15.9°	0
16.0 – 18.0°	-0.5

Cuadro 6: Equivalencia entre horas de frío y unidades de enfriamiento según Richardson (1973).

El cálculo de las unidades de enfriamiento supone conocer las temperaturas horarias, que es un dato disponible en muy pocas localidades del país. Damario y Rodríguez (1991) desarrollaron un método que permite su estimación a partir de valores climáticos de relativa fácil obtención, como son las temperaturas medias mensuales y su desviación standart. Una de las características de la unidades de enfriamiento mensuales, es la gran variabilidad entre años.

### Termoperiodismo

La variación anual, diaria y aperiódica de la temperatura del aire tiene un efecto manifiesto en el desarrollo de los vegetales superiores y es lo que se conoce como **termoperíodo**. Dicha variación, en un ciclo completo de un año, un día o varios días, constituye un termoperíodo anual, diario o aperiódico y se caracteriza por presentar 2 sectores bien definidos: la termofase (+) y la termofase (-) (Fig.7). La primera termofase corresponde al lapso más cálido y la segunda al lapso más frío del termoperíodo.

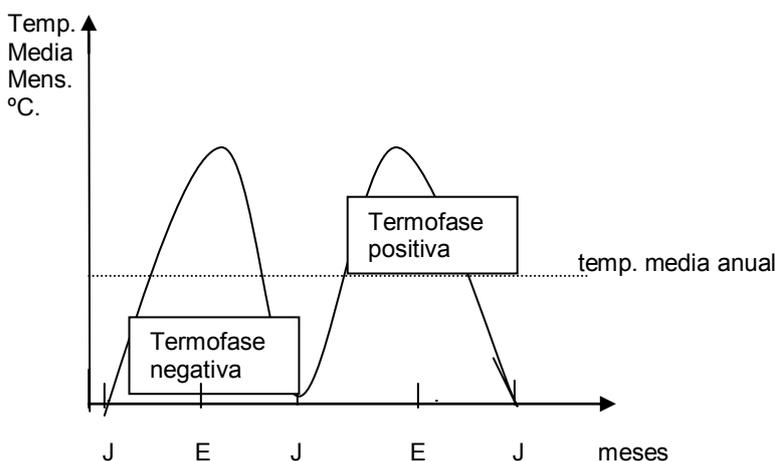


Figura 7 : Termofases del Termoperiodismo anual

El **termoperiodismo** es la reacción de las plantas a la variación anual, diaria o aperiódica de la temperatura. Se distinguen 3 tipos de termoperiodismo: **anual, diario y aperiódico**, según se trate de la respuesta del vegetal a la termoperiodicidad anual, a la diaria o a la aperiódica.

La importancia de la periodicidad anual de la temperatura se manifiesta en la distribución geográfica de los cultivos. El éxito o el fracaso de las introducciones de especies exóticas depende, en gran parte, de la similitud o no, entre las condiciones termoperiódicas anuales de las regiones de origen y las regiones donde se intentará cultivarlas. Como ejemplo se puede citar la introducción exitosa de manzanos y perales (originarios de Asia media) en la región cuyana y el Alto Valle. También se puede mencionar los inconvenientes que se presentaron al introducir en la pradera pampeana argentina, trigos europeos y canadienses.

En 1952, el ing. agr. J.J. Burgos establece una clasificación de las plantas, según que su ciclo vital coincida o no con la variación anual de la temperatura. Se determinan así 3 grupos principales de plantas:

**Plantas Termocíclicas:** son aquellas especies que presentan tejidos activos a la temperatura durante uno o más períodos anuales de variación de la temperatura. Ej. : plantas perennes y bianuales (Fig. 8).

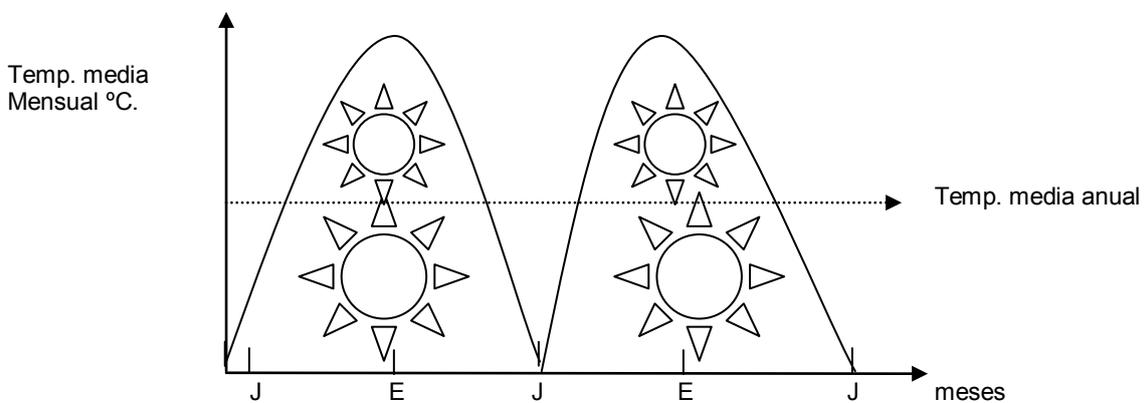


Figura 8 : Plantas termocíclicas

**Plantas Paratermocíclicas:** son las especies anuales con tejidos activos a la temperatura en una parte de la termofase (+) y (-). Ej. : cereales invernales: trigo, cebada, etc. (Fig.9).

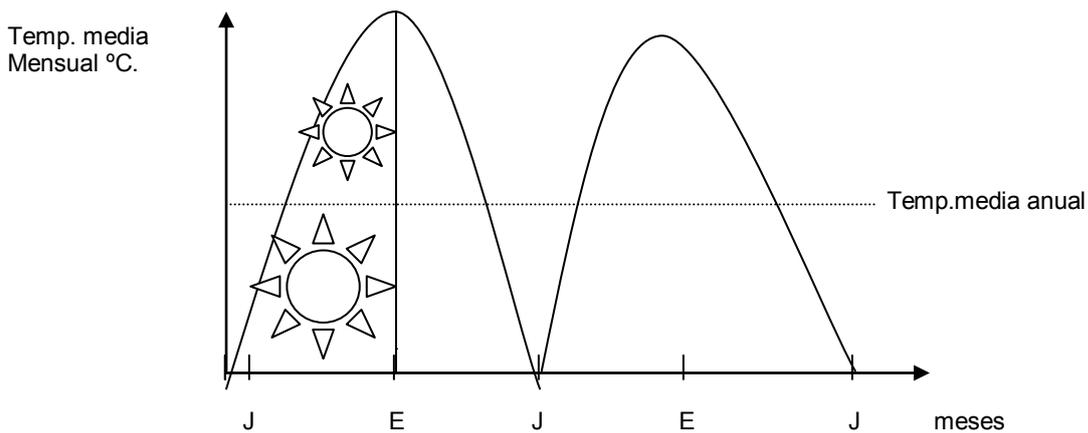


Fig. 9 : Plantas paratermocíclicas

**Plantas Atermocíclicas:** son las especies anuales con tejidos activos a la temperatura sólo en la termofase (+) del termoperíodo anual. Ej. : cultivos de veranos: sorgo, maíz (Fig.10)

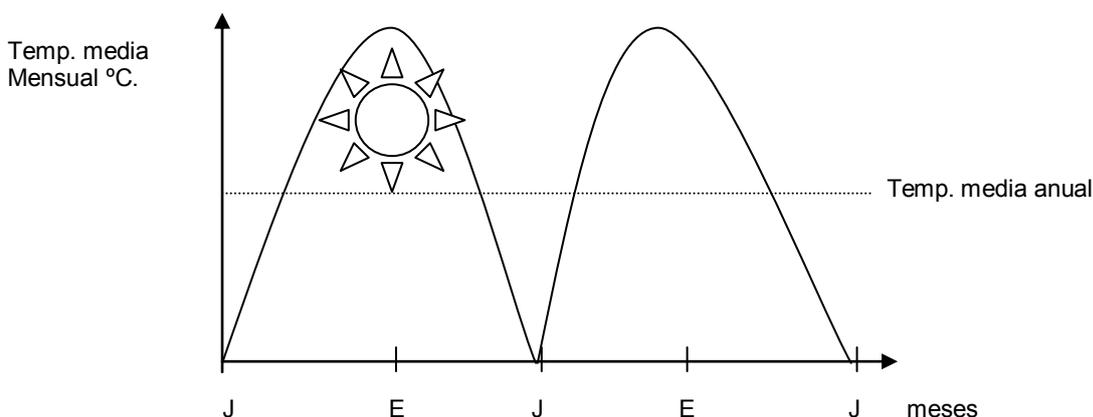


Fig. 10: Plantas Atermocíclicas.

### Termoperiodismo Diario

En las especies Termocíclicas, la acción del termoperiodismo diario debe considerarse como de interferencia con el termoperíodo anual. No ocurre lo mismo en las especies Paratermocíclicas y Atermocíclicas, en las cuales la termoperiodicidad diaria tiene una acción importante en la expresión del desarrollo. En 1944, Went demostró la influencia de la variación diaria de la temperatura en la floración y fructificación del tomate. Esta especie presenta un crecimiento indefinido si se la mantiene constantemente a 26°C, pero no florece ni fructifica. Para inducir estos procesos reproductivos es necesario un enfriamiento nocturno a 18°C. En el caso del trigo, tiene acción favorable la termofase negativa del termoperíodo diario durante su estado juvenil, para una normal espigazón. En el caso de la frutilla, las altas temperaturas durante el día favorecen el color rojo y las noches con bajas temperaturas (10°C) intensifican el aroma y el sabor. En manzano *Red delicious*, el descenso nocturno de la temperatura favorece la intensidad del color rojo.

### Termoperiodismo Aperiódico o Asincrónico

Es la reacción particular de ciertas especies vegetales frente al comportamiento aperiódico de la temperatura. La temperatura tiene una marcha regular hacia un valor máximo en el año y luego un descenso hasta un valor mínimo. Cuando esa marcha periódica se produce irregularmente, estamos en presencia de una temperatura aperiódica o asincrónica provocada por la advección de masas de aire con temperaturas mayores o menores a las del lugar. Según el origen de la masa de aire (cálida o fría), se produce una variación aperiódica de la temperatura del aire de notables consecuencias bioclimáticas.

Esa termoperiodicidad puede actuar por sí sola o, como sucede generalmente, interferir en el termoperíodo anual y diario. La influencia del termoperiodismo asincrónico se encuentra ejemplificado en la adaptación deficiente a las condiciones climáticas de Bs. As, del almendro y el avellano. Estas especies exigen una termofase anual negativa de poca intensidad y duración y presentan, además, un bajo nivel térmico de brotación. En gran parte del territorio argentino, la termofase anual negativa, está formada por oscilaciones térmicas aperiódicas de considerable amplitud. Ello determina que las exigencias en horas de frío de dichos frutales sean satisfechas rápidamente. La ocurrencia de cierto número de días con temperaturas anormalmente elevadas, logra que el almendro y el avellano florezcan prematuramente en plena época invernal. Esta floración es, seguramente, dañada por las bajas temperaturas de los días subsiguientes.

En consecuencia, esas especies frutales rara vez fructifican, y si lo hacen, sus rendimientos son bajos. En el caso del avellano, las bajas temperaturas de comienzos del invierno satisfacen los requerimientos de los amentos masculinos. Estos florecen y pueden llegar a producir polen antes de estar receptivos los estigmas de la flor femenina, que tiene mayor requerimiento en bajas temperaturas. Se determina así, una esterilidad permanente en áreas de temperaturas asincrónicas por una protandria acentuada y por una destrucción de los órganos masculinos prematuramente formados, cuando se producen los descensos térmicos posteriores naturalmente posibles.

Otro ejemplo notable se produce en San Juan cuando sopla el viento zonda en agosto- septiembre. El mismo produce la brotación de las yemas de la vid anticipadamente, las que quedan expuestas a los daños provocados por las heladas primaverales que ocurren posteriormente.

La vegetación natural se defiende de los termoperíodos asincrónicos presentando un umbral térmico de brotación elevado, pero manteniendo su reducida exigencia en frío que es la necesidad que puede satisfacer el invierno relativamente cálido de su área de dispersión. Esta es la razón de la floración tardía o bien definido el verano, de las especies subtropicales en el área de Bs. As. ( lapacho, tipa, jacarandá, *Bahuinia sp*, etc).