

**BIOCLIMATOLOGIA VEGETAL**  
**Teoría**

**Climatología y Fenología Agrícola**

Ing. Agr. Susana Martínez  
Profesora Titular

2017

F.C.A. y F. (UNLP)

# EL CLIMA, LA AGRICULTURA Y LA GANADERIA

## BIOCLIMATOLOGIA

El comportamiento de las especies agrícolas se relaciona con la disposición climática y las exigencias meteorológicas de los distintos cultivos y el estudio de esa relación corresponde a la Bioclimatología Agrícola y a la Agroclimatología.

La Ecología Agrícola puede reemplazarse por la bioclimatología agrícola pues las plantas están influenciadas por el medio en que viven. Es decir que están influenciada por los elementos climáticos, suelo y otros seres vivos; pero para nosotros el ser vivo puede ser un cultivo (lo podemos definir como la modificación, del crecimiento y desarrollo de un vegetal para obtener un beneficio económico).

La implantación de un vegetal en un lugar depende de la diseminación de las semillas, del medio ambiente, de la competencia de otros vegetales, de la incidencia de otros seres vivos y los requerimientos edafológicos.

Pero si hablamos de un cultivo es diferente, ya que es un conjunto de individuos los que se someten a los impedimentos nombrados. Si el suelo no es favorable no se hace el cultivo y para poder hacerlo mejoramos el suelo; (regamos, enmendamos, fertilizamos, etc.) creamos un ambiente favorable o artificial, pero las condiciones climáticas no las podemos modificar, estos elementos son los que limitan el cultivo.

La bioclimatología agrícola es la disciplina agrometeorológicas de los cultivos que estudia las necesidades y tolerancias meteorológicas, es una ciencia que se ha popularizado en la Sociedad Internacional de Biometeorología, cuya conferencia inaugural fue en París en 1958, y allí se establecieron las divisiones de la bioclimatología general.

### **Bioclimatología Vegetal:**

Es el estudio de las leyes del crecimiento de una planta en función de los factores del tiempo. Se puede decir que la bioclimatología agrícola es el estudio del comportamiento de los cultivos ante el complejo atmosférico o ambiental en su lugar de siembra.

Esto lleva al estudio de las exigencias meteorológicas del cultivo, cuya determinación permite una finalidad inmediata que es el conocimiento de la ubicación geográfica exacta de un cultivo para que se desarrolle en las mejores condiciones y como finalidad mediante el señalamiento a la fitotecnia de las deficiencias climáticas que deben tenerse en cuenta para la creación de nuevas variedades, todo debe tender a un máximo rendimiento de los cultivos. Entre el término rendimiento y productividad hay una gran diferencia. El rendimiento es un complejo que depende de la productividad y resistencia a las adversidades ambientales, no es un valor absoluto. La productividad es una

característica que poseen las variedades de reaccionar favorablemente a incrementos sucesivos de disponibilidad favorables.

### EXIGENCIAS Y TOLERANCIAS METEOROLOGICAS DE LOS CULTIVOS

El conjunto de las necesidades y tolerancias meteorológicas de todas las variedades y cultivares de un cultivo forman el "BIOCLIMA" de ese cultivo, y dentro del bioclima de ese cultivo, pueden existir variedades y cultivares con grados diferentes de exigencias y tolerancias a uno o varios elementos biometeorológicos, constituyendo los distintos biotipos o tipos bioclimáticos.

El ciclo total de un cultivo comprende fenómenos de crecimiento y fenómenos de desarrollo. Los primeros suponen el aumento de la masa, altura y volumen del individuo o de sus órganos mediante la multiplicación celular en tejidos ya existentes.

Los segundos, señalan las sucesivas etapas de cambio que van llevando al individuo hacia la reproducción y perpetuación de la especie, apareciendo nuevos órganos, nuevos tejidos.

Las necesidades de índole meteorológica son distintas para el crecimiento que para el desarrollo, aunque algunos elementos pueden actuar en ambos procesos, pero en diferente forma. Es por ello que una planta puede llegar a crecer sin alcanzar el desarrollo, es decir mantenerse en estado puramente vegetativo y no pasar a la etapa reproductiva. Esto sucede porque tiene disponibilidades meteorológicas favorables para crecer, pero faltan las condiciones para desarrollar. Si bien las exigencias para el crecimiento se mantienen casi constantes durante toda su vida, las exigencias para el desarrollo cambian, a veces fundamentalmente, de fase fenológica. Aquellos elementos meteorológicos o climáticos que manifiestan acción sobre los fenómenos vitales de las plantas se llaman elementos biometeorológicos o bioclimáticos.

De acuerdo a lo antes dicho podemos separar los elementos bioclimáticos en dos tipos:

- (a) Elementos bioclimáticos para el crecimiento.(AUXOGENOS)
- (b) Elementos bioclimáticos para el desarrollo.(ANAPTIGENOS)
- (c) Elementos que producen daño (TANALOCLIMATICOS)

Dentro de los primeros (a) podemos señalar: humedad de suelo, balance hidrológico, umbrales térmicos, temperaturas extremas, etc. Dentro de los segundos (b): la duración del día, la acumulación calórica, las amplitudes térmicas anuales y diarias, etc. Y c): todos aquellos elementos extremos que produzcan daño en los cultivos

El objetivo principal de la bioclimatología agrícola es llegar a determinar cuáles son las exigencias y tolerancias meteorológicas de los cultivos, y fundamentalmente cuantificarlas, es decir, poder dar los valores numéricos de tales exigencias y tolerancias.

A estos valores numéricos son a los que AZZI dio el nombre de EQUIVALENTES METEOROLOGICOS.

Por equivalente meteorológico, Azzi definió a los valores de milímetros de precipitación (para el equivalente pluviométrico) o los grados de temperatura (para el equivalente térmico), que separan las situaciones normales de las anormales, es decir las condiciones de precipitación o temperatura que pueden producir buen desarrollo y rendimiento de aquellas otras que, ya sea por deficiencia o exceso de algún elemento resultan perjudiciales para el normal desarrollo y rinde del cultivo.

Azzi determinó los equivalentes térmicos y pluviométricos para el trigo (y posteriormente para otros cultivos) considerando que las exigencias cambian con los subperíodos y, por ejemplo, una cantidad de lluvia que puede ser favorable para el periodo crítico de los 30 días antes de la espigazón, puede resultar completamente desfavorables durante la etapa de maduración final (vuelco, propagación enfermedades, dificultades de cosecha, etc.).

Para el trigo Azzi considera cuatro subperíodos, que son:

1. Desde siembra a comienzo de macollaje.
2. Desde comienzo macollaje hasta 30 días antes de espigazón.
3. Desde 30 días antes de espigazón hasta espigazón plena.
4. Desde espigazón hasta maduración completa.

Para cada subperíodo Azzi determino los equivalentes térmicos y pluviométricos del trigo en Italia, usando un método con base estadística. Para ello analizo toda la información acumulada durante muchos años a través de informes semanales sobre el estado del cultivo y principales causas adversas correspondientes a toda el área triguera italiana.

Para determinar los valores de los equivalentes pluviométricos durante el subperíodo 3, por ejemplo, separo de toda esa información dos grupos de informes:

- A. Aquellos que indicaban falta de lluvias (sequía) en ese subperíodo.
- B. Aquellos que indicaban exceso de lluvia.

Los del primer grupo los uso para determinar el equivalente pluviométrico (o equivalente de sequía). Para ello sobre un gráfico, volcó las cantidades de precipitación registradas en los diferentes lugares de cultivo según los años, señalando con un círculo blanco las que correspondían a buenos rendimientos (superiores al rendimiento medio de cada lugar) y con círculos negros los correspondientes a malos rendimientos (inferiores al promedio).

Obtuvo una gráfica, donde pudo separar, mediante líneas horizontales, la zona del gráfico por encima de la cual quedaban todos los círculos blancos, es decir nunca se habían producido malos rindes con lluvias superiores a esa cantidad.

En la zona intermedia se entremezclaban buenos y malos rindes. Dentro de esta zona intermedia, trazó una línea horizontal que dejaba hacia ambos lados, dentro de la zona intermedia, igual cantidad de círculos blancos que negros. A

la cantidad de lluvia que señalaba esta línea correspondía el equivalente de sequía para ese subperíodo 3, es decir en el mes anterior a la espigazón.

El mismo procedimiento utilizó para determinar el equivalente pluviométrico por exceso en ese mismo subperíodo utilizando ahora el segundo grupo de valores, aquellos que indicaban exceso de agua.

Según Azzi, la ventaja de los equivalentes así determinados reside en que la posible influencia de un factor, en este caso lluvia, estará dada en función de todos los demás factores capaces de influir sobre el rendimiento: distintos suelos, distintos métodos culturales, distintas combinaciones bioatmosféricas, etc. es por ello que en la zona central de los gráficos, aparecen mezclados buenos y malos rindes, porque estos pueden deberse a fenómenos de compensación y descompensación por situaciones muy favorables o muy desfavorables de todos los demás factores del rendimiento.

Los equivalentes por defecto (40 mm) y por exceso (116 mm) estarían indicando que para la mayoría de las situaciones la cantidad normal de lluvia que nos daría un equivalente que podríamos llamar óptimo sería entre 40 y 116 mm. Los valores determinados por Azzi para los cuatro subperíodos del trigo en Italia son:

| Subperíodo | Equiv. Pluv.<br>Mm / mes | Equiv. Term.<br>T med. diaria |
|------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1          | 50 – 205                 | 4 – 15° C                     |
| 2          | 25 – 60                  | 8,5 – 18                      |
| 3          | 40 – 116                 | 15                            |
| 4          | 15 - 92                  | 14 – 18 – 24                  |

Para independizar los equivalentes de la duración del subperíodo, Azzi expresó el equivalente pluviométrico en milímetros por mes y los equivalentes térmicos como la temperatura media diaria del subperíodo. Los dos valores corresponden a los límites por defecto y por exceso respectivamente. Así por ejemplo para el subperíodo 1: 4 y 15°C marcan los equivalentes extremos; por debajo de 4° el nacimiento y crecimiento no se expresan y el subperíodo se alarga considerablemente. Por arriba de 15° el nacimiento será muy rápido (5 – 6 días) pero las plántulas ahiladas, con poca resistencia a enfermedades. Para el subperíodo 4 indica un óptimo para maduración de 18°. Por arriba de 24° hay posibilidades de daños por golpes de calor, con desecamientos violentos del grano, producción de granos chuzos, etc. El límite inferior, 14°, estaría indicando que no se puede cultivar trigo con éxito en aquellas regiones donde la temperatura media de verano es inferior a esa cifra.

## DISPOSICIÓN Y ESTÍMULO

El pasaje de una fase de desarrollo a otra sucesiva exige que se satisfagan dos condiciones:

- La disposición
- El estímulo

Disposición: se refiere a la satisfacción de determinadas necesidades meteorológicas, previas a la iniciación de una fase, las que generalmente se cumplen durante un periodo de tiempo largo, a veces tan largo como todo el subperíodo previo.

Estímulo: agente meteorológico, de actuación breve, que posibilita la iniciación de la fase siempre que la planta esté dispuesta.

Como ejemplos de disposición podemos citar el ejemplo del lino cuya floración no se inicia hasta que la planta haya acumulado una suma de temperaturas diarias que superen los 900°C, contadas desde el nacimiento.

Otro ejemplo, son los frutales llamados criófilos, que deberían acumular durante su descanso, una determinada cantidad de horas a temperaturas más bajas que 7°C (horas de frío), si esto no sucede la floración no se produce normalmente o se retrasa. Con respecto a los estímulos, una vez que la planta ha satisfecho sus exigencias, la fase no se produce si no existe el estímulo, y estos estímulos que son los llamados umbrales que pueden ser umbral térmico, fotoperiódico o hídrico, una vez superado la misma se produce la fase.

Las especies forestales del norte del país no brotan hasta que no alcanzan el nivel térmico adecuado. Por ej. Las tipas en Buenos Aires no brotan hasta diciembre. Cuál es la razón? Es la necesidad de esa planta de llegar al umbral térmico necesario para que la fase de brotación se produzca. Todas las otras condiciones anteriores están satisfechas pero el nivel térmico (umbral) recién se alcanza en Bs. As. en diciembre. En el norte se alcanza antes. Por ej. el cultivo del datilero.

En la Argentina hay muy pocas localidades para realizar el cultivo en forma económica y comercial pues en muy pocos se alcanza el nivel térmico de la maduración. Se necesitan temperaturas máximas superiores a 35°C para la maduración y como sucede por ejemplo en la región precordillerana de La Rioja y Catamarca se consigue completar el ciclo del datilero.

**Umbral fotoperiódico:** En el caso del lino, este puede haber acumulado no 900° que es el mínimo para entrar en el periodo de disposición sino 1000, 2000 y hasta 4000 y la floración no producirse, porque esa acumulación térmica se consigue con niveles de duración del día que no alcanza el mínimo para que las fases se produzcan. Y para el caso del lino son necesarios más de 12 hs 05' de duración del día para que la floración se produzca. Vale decir que la floración del lino depende de dos elementos climáticos: temperatura y la heliofanía.

Los cereales invernales por ejemplo el trigo, pueden alcanzar su estado de disposición antes del momento en que se produce la espigazón, pero esta no se produce debido a que las fases de la espigazón necesita días largos, superiores a las 12 hs. de duración.

El umbral fotoperiódico desencadenante de la espigazón de los cereales son los días largos.

El umbral hídrico no tiene tanto sentido bioclimático, en algunos tiene importancia, por ejemplo los sorgos y el algodón son especies que pueden haber alcanzado su estado de disposición pero no florecen, (no panojan en el caso del sorgo), si no tienen suficiente humedad disponible en el suelo.

Esta es una buena cualidad de un cultivo que sabe esperar para llegar al periodo crítico de maduración y floración en momentos en que la humedad del suelo les sea favorable.

No es una condición muy característica pero pueden mencionarse estos casos. No todos los sorgos reaccionan así ni todos los algodónes tampoco, esto dependen de la composición genética del cultivo.

### PERIODO CRITICO Y DE LATENCIA

Se entiende por "período crítico" al momento del ciclo vegetativo en que la sensibilidad a un determinado elemento es máxima. Las variaciones del elemento se reflejan de modo evidente en el rendimiento.

Por el contrario, "período de latencia" es el período o subperíodo del ciclo evolutivo en que la sensibilidad a uno o varios factores meteorológicos es mínima. Como período crítico para agua se puede mencionar la germinación, el momento de la tuberización de la papa, el momento previo a la espigazón de los cereales, el momento en que los frutos de los cereales comienzan a aumentar de volumen, etc., períodos críticos para temperatura son todos aquellos en que el vegetal tiene tejidos tiernos.

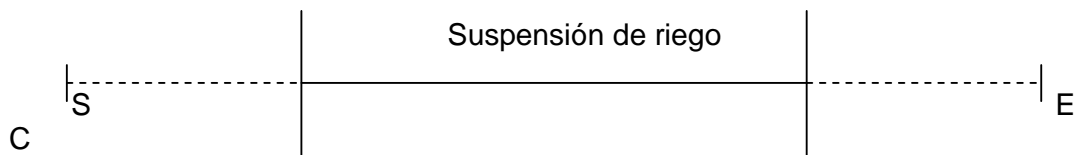
Los frutales de hoja caduca pasan del período de latencia invernal, iniciando sus actividades en primavera, tienen brotes tiernos, y flores que los hacen altamente sensibles, al descenso térmico. Los cereales que se mantienen durante el invierno, al estado de hojas o los frutales que tienen su período de descanso desprovisto de follaje durante el invierno son insensibles a las variaciones térmicas y pueden soportar temperaturas muy bajas. Estacas inactivas de vid soportan hasta  $-50^{\circ}$  durante 10 o 12 horas sin sufrir ninguna dificultad para su brotación posterior.

Pero cuando la temperatura excede esos valores mínimos más intensos se produce pérdida por heladas. Por ese motivo en el hemisferio norte que tienen temperaturas invernales muy bajas, no es posible realizar cultivos de trigo en otoño con variedades muy tardías, si el suelo no queda cubierto por la nieve durante el invierno. Cuando los inviernos son secos es prácticamente imposible hacer cultivo de trigo en otoño para cosechar en el verano siguiente, porque la

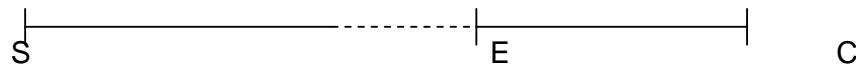
temperatura del aire desciende en invierno a valores de 20 –25°C bajo cero y eso determina la muerte de los cultivos.

En cambio, cuando el invierno es con nieve, aunque las temperaturas descienden hasta esos valores, la vegetación otoñal del trigo queda cubierta por las nieves y ésta, como es altamente aislante determina que el trigo soporte solamente una temperatura de -1 o -2°C, que el cultivo tolera perfectamente. Determinaciones hechas por AZZI indicaron que el periodo crítico de agua para el trigo se halla en los 30 días anteriores a la espigazón. Hizo experiencias en macetas a las que regó en determinados momentos del ciclo del trigo.

A un grupo de macetas les suministró agua hasta los 30 días anteriores a la espigazón y luego de la espigazón hasta la cosecha, y el rendimiento de estas plantas fue nulo.



A otro grupo de macetas solamente suministró agua en los 30 días anteriores a la espigazón y el rendimiento fue bueno.



En una tercera experiencia suministró agua en los 30 días anteriores a la espigazón y hasta la cosecha y el resultado fue muy bueno. En una cuarta experiencia regó solamente después de la espigazón. El resultado fue la obtención de espigas aisladas que difícilmente salían de la vaina, quedaban envainadas y el rendimiento fue muy pobre.



Naturalmente cuando decimos suministró agua en tal o cual período se refiere a cultivos que tenían una cantidad de agua igual o inferior a la normal. Esto le hizo deducir que el período netamente crítico para el agua en el caso del trigo y de los cereales en general, se encuentra unos 30 días antes del momento de la espigazón y eso lo comprobó con otros ensayos.

Por ejemplo, trabajando con cebada a un grupo de plantas con dotación normal de agua (testigos), determinó el rendimiento y le dio un valor de 100; luego, a otra serie de plantas de cebada les produjo sequía en los primeros estados de crecimiento hasta comenzar el macollaje y el rendimiento fue 98. Cuando la



sequía la produjo durante el macollaje el rendimiento fue 95, y cuando la sequía se hizo en los 30 días anteriores a la espigazón el rendimiento fue 47 y finalmente la sequía la produjo durante la maduración el rendimiento fue otra vez 100 con relación al testigo.

- |                                     |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| • Testigos                          | rendimiento 100 |
| • Sequía primer estación            | rendimiento 98  |
| • Sequía en macollaje               | rendimiento 95  |
| • Sequía 30 días antes de espigazón | rendimiento 47  |
| • Sequía durante la maduración      | rendimiento 100 |

Esto está indicando que el periodo de máxima sensibilidad (crítico) a la falta de agua es el momento de la espigazón y que el momento de menor sensibilidad a la falta de agua es la maduración ya que con respecto a los testigos tenemos los dos valores extremos. Esto es fácil comprobarlo en aquella zona de la región triguera donde el elemento agua es crítico.

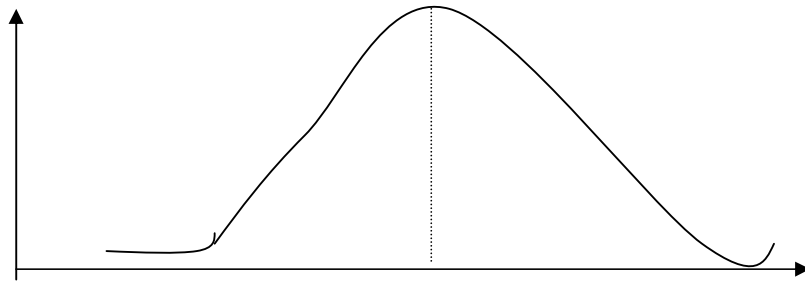
### ACCION BIOCLIMATICA DE LA TEMPERATURA DEL AIRE

La temperatura del aire es una medida indirecta de la disponibilidad calórica del ambiente atmosférico. Según como la consideremos puede actuar sobre el crecimiento y sobre el desarrollo.

Sobre el crecimiento, la temperatura actúa según sus valores absolutos estando relacionadas la acción con los llamados puntos o temperaturas cardinales.

La acción de las diferentes temperaturas sobre la velocidad de crecimiento podemos explicarla recordando las experiencias que hiciera LEHEMBAUER sobre el crecimiento de plántulas de maíz.

Consistió esta experiencia en medir la cantidad de crecimiento diario experimentando por las plantillas mantenidas a distintas temperaturas. Pudo comprobar así, que el crecimiento comenzaba en un valor mínimo que estaba alrededor de los 2°C, a partir del cual se producía un incremento en la intensidad del crecimiento a medida que aumentaba la temperatura hasta llegar a un máximo de crecimiento que se producía con la temperatura de 32 °C. a mayores temperaturas, la velocidad comenzaba a disminuir hasta llegar a anularse a los 48°C. Esas tres son: el mínimo por defecto (2°C), el óptimo térmico (32°C), y el mínimo por exceso (48°C). A veces se las designa también como: mínima, óptima y máxima de crecimiento.



Si la condición de temperatura, mínima o máxima de crecimiento se mantiene por un tiempo relativamente corto, la planta se puede recuperar y recomenzar su crecimiento. Pero si estas temperaturas se mantienen mucho tiempo puede llegar la muerte de la planta.

La muerte se produce con seguridad cuando la temperatura excede aquellos valores llamados mínimos letal y máximo letal. Generalmente el valor de la máxima letal se halla más cerca del máximo de crecimiento que la mínima letal del mínimo de crecimiento.

#### ACCION DE LA TEMPERATURA SOBRE EL DESARROLLO:

Sobre los procesos del desarrollo la temperatura ejerce su acción bajo tres formas diferentes:

1. Acción positiva (o de las temperaturas en aumento)
2. Acción negativa (o acción favorable de las bajas temperaturas)
3. Acción por su variación diaria y anual (o termoperiodismo)

#### Acción positiva de la temperatura:

Siempre llamó la atención que el ciclo total de los cultivos, desde siembra a cosecha tuviera distinta duración en los distintos lugares y que un mismo lugar de siembra hubiera variaciones de año en año. Esto se asoció a las diferentes temperaturas que actuaban sobre el cultivo. Fue **REAUMUR** hace más de 200 años el que trató de medir o cuantificar de alguna manera esto y llegó a la conclusión que la suma de temperaturas medias diarias desde siembra a maduración era una cantidad constante para cada cultivo, cualquiera fuera el lugar de siembra. De aquí surgió la idea de lo que hoy se llama sumas de temperaturas, marcando así la acción de la temperatura sobre el desarrollo, la cual se ejerce por un efecto de acumulación térmica. Esta suma de temperaturas se determina por varios métodos, fundados en diferentes principios.

La forma propuesta por REAUMUR, sumar las temperaturas medias diarias mayores de 0°C se llamó método directo.

En ese momento se dijo que todos los cultivos requieren para cumplir sus ciclos una determinada cantidad de suma térmica. Se determinó, 2000° C para

el trigo, 3000°C para el maíz, pero comprobaron que no todos los años la suma térmica eran iguales.

**Boussingault**, desarrolló el concepto de constante térmica, basado en:

$X \cdot Y = \text{constante para cada cultivo.}$

X = duración en días del período.

Y = temperatura media del período nacimiento – maduración.

Es decir si un cultivo se desarrolla en 120 días con una temperatura de 15°C se desarrolla en 60 si la temperatura es de 30°C, vale decir que el producto de uno por otro es una cte.

**De Candolle** y **De Gasparin** usaron un método de suma térmica llamada residual, que consiste en restar a cada temperatura diaria aquellas temperaturas por debajo de la cuales el vegetal no crece, esa temperatura es la llamada cero vital o cero de crecimiento. En la mayor parte de los casos se usa la temperatura de 6°C como cero útil. Otros autores consideran para distintos cultivos distintas temperaturas de iniciación de crecimiento, además del óptimo y el mínimo.

|                        | Mínimo (°C) | Óptimo (°C) | Máximo (°C) |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Cereales<br>invernales | 0 – 5       | 25 – 31     | 31 – 37     |
| Cáñamo                 | 0 – 5       | 37 – 44     | 44 – 50     |
| Maíz                   | 5 – 10      | 37 – 44     | 44 – 50     |
| Pepino                 | 15 – 18     | 31 – 37     | 44 – 50     |

Se ve que el cero vital es variable y los resultados que se obtuvieron usando un valor único de 6 °C no fueron tampoco muy decisivos.

Pero tomando en cuenta el concepto de que las temperaturas del cero vital pueden variar el desarrollo, el método de las unidades térmicas, unidades calóricas o grado día que muchos autores usaron y usan estableciendo que, por ejemplo para el caso del trigo las sumas térmicas diarias entre fase y fase superior al cero vital de esa fase (que en el caso del trigo es 4,5 °C, este valor fluctúa según variedades ,hoy podemos hablar de temperaturas entre 6 y 8) o temperatura base de los que se llaman grados día o grados calóricos o unidades calóricas para un determinado subperíodo.

Con este método Nuttonson determinó exigencias climáticas de una serie de cultivos Ej.: para el trigo.

Si esto es aplicado con una temperatura base distinta a cada subperíodo los resultados obtenidos son superiores.

Así Mirochnitchenco (1930), con algodón, tomó una temperatura base distinta para cada subperíodo, por ejemplo para el primer subperíodo = 13, 7; para el segundo = 20,8.

Es evidente que en cada subperíodo debe tener una exigencia térmica distinta así como tiene una exigencia en agua que vimos en el método de Azzi, distinta en cada subperíodo y por eso hay una serie de cultivos con una temperatura de formación de órganos vegetativos y temperatura de formación de órganos reproductivos.

| Temperatura formación órganos vegetativos | Temperatura formación órganos reproductivos |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 4,5                                       | 10 – 12 Cereales                            |
| 10 – 13                                   | 15 – 18 Maíz                                |
| 18 – 20                                   | 22 – 25 Arroz                               |
| 4 – 5                                     | 8 – 10 Arveja                               |
| 12 – 13                                   | 15 – 18 Poroto                              |
| 7 – 8                                     | 12 – 15 Girasol                             |
| 14 – 15                                   | 15 – 20 Algodón                             |

El algodón es una especie muy termófila. y es evidentemente lógico tomar una temperatura base en lo que respecta a sumas térmicas vegetativas según sea el crecimiento la primera o en una parte final de reproducción, del ciclo, con temperaturas más elevadas.

Otro método que se propuso para calcular las sumas térmicas fue el exponencial.

Este se basa en suponer que las reacciones de los vegetales son reacciones físico químicas y podría aplicarse entonces 1<sup>o</sup> a ley de **Vant Hoff y Artenius** según la cual la velocidad de las reacciones químicas se duplica cada 10°C de temperatura. Entonces consideramos la temperatura de 4,5°C como temperatura inicial estaría duplicada a los 14,50 otra vez duplicado a los 24,5°, otra vez duplicada a los 34,5°C.

Quiere decir que es una formula exponencial que puede representarse así:

$$I_e = 2^{(t - 4,5 / 10)}$$

Tabla de INDICE EXPONENCIAL

| TEMPERATURA MEDIA | INDICE EXPONENCIAL |
|-------------------|--------------------|
| 4,5               | 1,00               |
| 5,00              | 1,04               |
| 10,0              | 1,47               |
| 15,0              | 2,08               |
| 20,0              | 2,94               |
| 24,5              | 4,00               |
| 30,0              | 5,88               |
| 34,5              | 8,00               |
| 44,5              | 16,00              |

Este método tiene sentido pues evidentemente una temperatura de 10°C tiene un menor valor para el crecimiento que una temperatura de 20°C y a su vez una de 30°C tiene más del doble del valor que una de 10°C.

Pero cuando pasamos el óptimo, cualquier temperatura en más en lugar de ser favorable actúa en contra del crecimiento vegetativo y por la aplicación de este método cualquier temperatura superior a 35°C tendrá un factor preponderante en el aumento del crecimiento y no sucede así sino en que decrece el crecimiento con el aumento de la temperatura.

Por eso este método exponencial solo puede ser aplicado en lugares de climas templados y donde temperaturas no alcancen valores muy grandes.

En lugares tropicales este método no puede aplicarse, es por ello que Livingston ideó el método termofisiológico que tiene visos de realidad pues se usa la base de la experiencia de Lehenbauer que mencionamos al comienzo. Lehenbauer hizo crecimiento de plántulas de maíz en cultivos hidropónicos a distintas temperaturas (entre 3 y 42°C) y con distintas duraciones que fueran entre 3 y 39 horas. El cultivo lo hizo en oscuridad y con una humedad relativa del 95%.

De los datos que obtuvo Lehenbauer, Livingston extrajo solo la curva de crecimiento para 12 horas de duración. Los crecimientos, en centímetros de mm por hora, para cada temperatura, se dan en la tabla siguiente.

| Temperatura media | Crecimiento horario (mm / 100) | Indice termofisiológico |
|-------------------|--------------------------------|-------------------------|
| 2                 | 0                              | 0                       |
| 3                 | 0,3                            | 0,33                    |
| 4,5               | 0,9                            | 1,00                    |
| 9                 | 4,4                            | 4,89                    |
| 11                | 7,2                            | 8,00                    |
| 15                | 16,0                           | 17,78                   |
| 18                | 34,2                           | 38,00                   |
| 25                | 78,0                           | 86,55                   |
| 27                | 91,9                           | 101,22                  |
| 29                | 105,0                          | 116,66                  |

|    |        |        |
|----|--------|--------|
| 31 | 109,0  | 121,11 |
| 32 | 111,00 | 123,33 |
| 33 | 101,0  | 112,22 |
| 35 | 86,0   | 95,55  |
| 39 | 46,0   | 51,11  |
| 41 | 21,0   | 23,33  |
| 43 | 7,5    | 8,33   |
| 45 | 2,5    | 2,78   |
| 47 | 0,6    | 0,67   |
| 48 | 0,0    | 0      |

Se observa que comienza en un crecimiento mínimo llega a un crecimiento máximo y luego comienza a decrecer nuevamente hasta un valor mínimo.

El índice termofisiológico promovido por Livinston consiste en:

$$IT = \frac{\text{crec. a una determinada temperatura}}{\text{crec. a } 4,5^{\circ}\text{C} (= 0,9)}$$

Entonces cada crecimiento a distinta temperatura dividido por el crecimiento a 4,5°C que es 0,9. Por ejemplo hagamos el de la velocidad de crecimiento máximo que es a los 32°C = 111 centésimos de mm.

$$IT = 111 / 0,9 = 123,3$$

En la segunda columna se ven las distintas temperaturas y los crecimientos relativos a cada uno de ellas. Pero observamos que el crecimiento es cero a dos grados y a 48°C; a su vez es similar a 40° y a 47° y así sucesivamente sube a 32° el mayor índice que corresponde a la temperatura óptima. Para hacer la suma de temperaturas por ese método se transforman cada temperatura media diaria en IT y se suman los IT así obtenidos.

*Fallas en la aplicación de los métodos de sumas térmicas. Acción combinadas de la temperatura y la duración del día.*

La aplicación de los distintos métodos de cómputo de las sumas térmicas tubo los resultados esperados, es decir, se obtuvieron distintos valores de sumas térmicas para un mismo cultivo realizado en diferentes regiones y aun variaciones de año en año en un mismo lugar de cultivo. Vale decir que la suposición de una constante calórica quedaba rechazada.

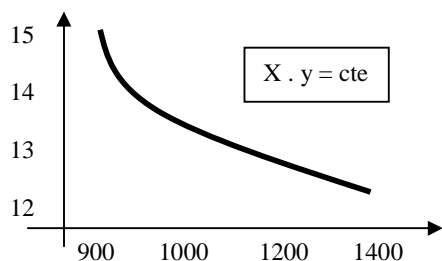
Un ejemplo típico de esto, lo podemos ver siguiendo el estudio que realizara el **Ing. De Fina** con lino. Trabajando en Bs. As., realizó siembras semanales de una variedad de lino y observó el comportamiento fenológico a través de las 52 fechas de siembra. A los datos recogidos le aplicó el cómputo de las sumas de

temperaturas por cuatro métodos explicados, obteniendo diferentes cantidades de sumas térmicas, para el subperíodo siembra – plena floración.

Así, por ejemplo, por el método directo obtuvo valores entre 913° y 4145° por el residual, entre 949° y 2615° por el t. fisiológico: entre 1527 y 8331 índices.

Así queda demostrado que las sumas de temperaturas no dan valores constantes según la fecha de siembra. La razón fundamental de este fracaso, debe buscarse en el hecho que el desarrollo de una especie depende no solo de la disponibilidad calórica, sino de otros elementos, entre los cuales la responsabilidad mayor corresponde a la duración del día. Otros efectos podrían ser la exigencia en una variación de la amplitud térmica, exigencia en bajas temperaturas, etc.

De Fina encontró que la floración del lino no dependía solamente de las temperaturas acumuladas antes de la floración, sino de la duración del día que, a manera de umbral, posibilita la floración de cultivos térmicamente dispuesto. Pudo observar que ninguna de las 52 siembras semanales alcanzaba la floración sino había acumulado como mínimo más de 900° por el método directo; es decir que todas sus siembras, ninguna floreció con menos de 900° acumulados desde la siembra. Pero también pudo deducir que ninguna siembra había podido florecer (aunque hubiera acumulado mucho más de 900°) si la duración del día era mayor de 12,5 horas.



Al representar gráficamente las sumas térmicas acumuladas por cada fecha de siembra y la duración del día en el momento de la plena floración respectiva, pudo obtener un curva indicadora que:  $X \cdot Y = cte$ .

Es decir, para esa variedad de lino podría tenerse una idea de la

Constante de desarrollo combinado en un índice a la duración del día y la suma de temperaturas.

Otros autores consideran también este efecto combinado de estos dos elementos sobre el desarrollo. Así, Azzi en 1939 había propuesto para el trigo una constante obtenida como producto entre las sumas térmicas acumuladas desde siembra a espigazón (considerando las temperaturas medias diarias superiores a 7°C) y la duración media del día del subperíodo, obtenido un valor de 1.000.000 de unidades. Un índice parecido fue desarrollado por GESLIN para trigo, al que dio el nombre de Índice Heliotérmico:

$$IH = \frac{\sum t (> 0 \text{ } ^\circ\text{C}) \times \text{duración media del día}}{100}$$

Lo divide por 100 para obtener valores mas reducidos Geslin dice que el IH calculado entre siembra y espigazón de valores constantes para cada variedad siempre que este sembrada en su época normal. Por eso el habla constante Heliotérmica al valor de IH que caracteriza a cada variedad.

Como índice combinado debemos mencionar también el desarrollado por NUTTONSON, muy similar al anterior, aunque considerando los grados días de temperaturas residuales (método residual) sobre una base dada, multiplicada por la duración media del subperíodo que se considere. Al producto resultante lo llama: Unidades Fototérmicas.

Casi todos los métodos e índices, que resultan muy útiles en estudios de caracterización bioclimáticos, están lejos de producir verdaderas constantes térmicas o fototérmicas para las diferentes especies en sus diferentes lugares de siembra y según la época de siembra, desde el momento que el desarrollo responde a una reacción del cultivo a la integración total de los distintos elementos en el tiempo y lugar del cultivo. Si bien puede rendir adecuadamente en cultivos estivales, fallan en las invernales porque dejan de considerar otras exigencias bioclimáticas importantes de estas especies, cual es la necesidad de enfriamiento invernal (acción de las bajas temperaturas).

### **ACCION NEGATIVA DE LA TEMPERATURA** **(Exigencia en bajas temperaturas)**

Las sumas de temperaturas (acción positiva) no pueden explicar correctamente el crecimiento y desarrollo de algunas especies que exigen estar sometidas durante un período de su ciclo, a la acción de temperaturas relativamente bajas, es decir requieren un período de "enfriamiento".

Es el caso de las especies perennes que pierden su actividad vegetativa durante el invierno (vegetales caducifolios) o de aquellos cereales de crecimiento invernal (cereales de invierno).

### **I) EXIGENCIA EN FRIO DE LAS ESPECIES PERENNES DE FOLLAJE CADUCO**

Naturalmente que esta influencia no se hace sentir en aquellos países donde siempre los inviernos tienen temperaturas suficientemente frías. En el Hemisferio Norte no se habla en ningún trabajo de insuficiencia de frío invernal porque las especies satisfacen plenamente sus exigencias con el frío natural que tienen.

Pero en los países del Hemisferio Sur es muy común encontrar trabajos en que se habla de anomalías fenológicas por insuficiente frío invernal. Es muy común encontrarlo en Australia en Sud Africa y en la Argentina, donde hay bastante cantidad de trabajos de esa índole.



Los primeros que encontraron estas anomalías en nuestro país fueron Burgos y Ledesma en 1939, publicado en un trabajo que se intitula "Las anomalías fenológicas de los árboles frutales durante el año 1939".

### **HORAS DE FRIO**

Las plantas están satisfaciendo sus necesidades en bajas temperaturas durante el periodo de descanso, cuando la temperatura desciende por debajo del nivel de crecimiento y se ha considerado como temperatura límite para computar la acumulación de esas bajas temperaturas la de 7°C. a esa temperatura según experiencias hechas por dos autores, Nightingale y Blake, que encontraron que las ramitas del Duraznero y de Manzano dejaban de crecer cuando la temperatura descendía debajo de los 7°C.

Si bien esta temperatura no es el límite para todas las especies, se considera que es la inferior debajo de la cual el crecimiento se interrumpe.

Se llama HORAS DE FRIO al número de horas en que la temperatura del aire permanece por debajo de los 7°C.

Ledesma hizo un trabajo y encontró que las floraciones de las variedades de duraznero en Buenos Aires no dependen de las temperaturas primaverales (en época de la floración) sino de la temperatura invernal que ha soportado la planta.

Así encontró que, si la suma de horas de frío en un año es de 543, se produce anomalías fenológicas, y si en otro año hay 689 horas de frío, las anomalías desaparecen. Es decir que 600 horas sería el número mínimo de horas de frío que necesita el duraznero, para satisfacer sus exigencias de bajas temperaturas, en Buenos Aires.

Naturalmente que las diferentes especies tienen distintas exigencias de cantidades de horas de frío, como vemos a continuación.

Exigencias medias de las diferentes especies frutales:

|                 |                          |
|-----------------|--------------------------|
| Manzano         | 900 – 1000 horas de frío |
| Peral           | 800 – 900 horas de frío  |
| Duraznero       | 600 horas de frío        |
| Ciruelo europeo | 500 horas de frío        |
| Ciruelo japonés | 400 horas de frío        |
| Damasco         | 200 – 300 horas de frío  |
| Cerezo          | 200 – 300 horas de frío  |
| Almendro        | 200 – 300 horas de frío  |

Las exigencias de los tres últimos no han sido exactamente determinadas. El almendro, tiene poca exigencia en frío, y al comienzo del invierno cualquier descenso brusco de temperatura, determina la satisfacción y luego, con nuestro invierno tan irregular, pueden haber temperaturas favorables que alcancen el nivel de floración y florece en pleno julio o a fines del mismo y ya que se encuentran las flores del almendro en plenitud.

Esto determina que posteriormente con nuevos descensos de temperaturas en agosto, las flores que han cuajado puedan perderse por heladas.

Quiere decir que esa falta de exigencia en horas de frío, le produce un desarrollo precoz.

La exigencia en frío de las plantas es variable. Depende de la especie, del lugar y del año.

Si plantamos un manzano en el valle de Río Negro y en Bs. As. En ambos lugares el descanso lo van a tener con distintas cantidades de frío invernal. El desarrollo, sin embargo, se produce en ambos. Aquí en Bs. As. se producirá con 500 a 600 horas de frío, y en Río Negro con 1500 a 1400.

En los dos lugares se alejan bastante de las 900 – 1000 horas que hemos señalado.

Estimamos las 900 – 1000 horas que necesita la especie, tomada en conjunto, considerado el total de variedades que forman la especie.

Finalmente depende de la concentración del frío. No es lo mismo que la planta, soporte una sucesión de días fríos a que acumule la exigencia mínima (digamos 500 –600 horas) o que esas 500 horas de frío vayan produciéndose en forma alternada en todo el período de descanso, digamos 5 o 6 días de frío, 5 o 6 días de calor, etc.

Cuando las horas de frío se producen suavemente sin que haya alternancia de bajas y altas temperaturas, son mucho más efectivas que en el caso de que las temperaturas se sucedan una a continuación de las otras, pero alternando con horas de alta temperaturas. Dichas altas temperaturas anulan en cierta medida el efecto de las bajas.

Las bajas temperaturas continuadas no son en absoluto perjudiciales para las plantas, así por ejemplo si en el manzano se superan las 1000 horas de frío esta circunstancia no implica ningún efecto nocivo para la planta.

La temperatura ideal para la acumulación de horas de frío es de menos de 7 °C, y siguiente hasta alcanzar 1 °C; temperaturas más bajas tienen menor efecto.

## **ACCION PERJUDICIAL DE LA FALTA DE FRIO**

Cuando el invierno no es suficientemente frío, la primera anomalía que se produce es la pérdida de yemas o el desprendimiento de las yemas de las producciones del año. Este es un efecto que se hace sentir tanto sobre las yemas de madera y las florales.

Los manzanos en nuestra zona y alrededores brotan como si fuera un paraguas (en la parte externa de la copa, son ramas largas que solo tienen hojas en el extremo). La razón es que durante el invierno de Bs. As no acumula las horas de frío suficiente. Si el efecto de la falta de acumulación de bajas temperaturas es muy grande, puede llegar al desprendimiento de yemas apicales y puede producir la muerte de la producción del año.

Es bastante común encontrar en un árbol ramitas del último crecimiento ("producción") sin ningún daño, sólo el producido por falta de frío invernal.

## **ANOMALÍAS EN LA FLORACIÓN:**

En la floración se producen algunas anomalías fenológicas.

Primera anomalía: falta de energía de floración. En el estudio ya mencionado realizado por Ledesma, el año en que había tenido 689 horas de frío, la floración tuvo una energía de 20 días; vale decir que entre la aparición de la primera y la última flor sucedió 20 días, en cambio en el año de mayor temperatura se registraron 543 horas de frío. La duración del período entre la aparición de la primera y la última flor fue de 40 días, es decir, que la duración de la fase, es una función lineal de la temperatura invernal, aunque la temperatura de primavera sea mayor para ambos años.

Segunda anomalía: atraso en la floración. Cuando el invierno es insuficientemente frío la floración de los frutales criófilos se atrasa. Si tomamos en consideración la floración de una misma variedad de manzano, en el Valle de Río Negro o en Buenos Aires en esta última la floración se produce casi un mes más tarde y no es por las temperaturas primaverales ya que estas son más cálidas en Buenos Aires que en Río Negro.

Para un mismo lugar, la floración se produce más tarde en los años con inviernos calientes.

Tercera anomalía: segundas floraciones: cuando las plantas no llegan a satisfacer sus exigencias en frío. Las yemas quedan en estado latente y a cualquier descenso térmico que se produce en el final del verano, llegan a satisfacer esa necesidad insatisfecha durante el invierno anterior, y como las temperaturas son favorables, se produce la eclosión de esas yemas.

Hay una especie de lila (*Siringa vulgaris*) que en Europa se utiliza como planta típica indicador del comienzo de la primavera. Esta es una especie que exige muy poco frío. En Europa los inviernos son muy fríos de modo que la lila tiene satisfecha sus exigencias en bajas temperaturas, y es necesario que comience a ascender la temperatura en primavera, para que la planta florezca y entonces

sí, es un índice de primavera, dado que cualquier temperatura que llegue al límite de lo compatible con la brotación de la planta esta manifiesta su brotación y señala el comienzo de la primavera.

En Europa la entrada de la primavera es definida, con un ascenso continuo de la temperatura. En cambio la variabilidad de nuestro clima produce alternancias de períodos de bajas y altas temperaturas. Como la lila presenta muy baja exigencia en frío se satisface rápidamente en los períodos fríos y comienza a brotar y florecer con las temperaturas ascendentes. Por eso en casi todo el país, florece en cualquier momento del año y no puede servir como indicador de la primavera. Otra especie interesante es el avellano. Generalmente la exigencia en frío que tienen las plantas dioicas para su floración es sexualmente diferente. En general, la floración masculina tiene una menor exigencia en frío que la femenina.

Los amentos masculinos en el avellano tienen una exigencia muy inferior en frío que las femeninas. Por lo tanto en nuestra zona a fines de abril los "gatitos" (amentos masculinos) florecen y largan el polen, pero como no está satisfecha la exigencia en frío de las flores femeninas, se mantienen cerradas y el polen se pierde. Y por este sincronismo de la floración masculina y femenina determina que no haya producción de avellanas aquí y en casi ninguna parte del país.

En cambio no sucede lo mismo en la región mediterránea que es gran productora de avellanas lo mismo que la chilena en las laderas de las montañas porque durante todo el invierno la temperatura es fría que no permite que la floración masculina se exteriorice, entonces esta se va a producir en primavera cuando la temperatura empieza a ascender y como en ese momento también está satisfecha la exigencia de la floración femenina, entonces produce una floración simultánea de las masculinas con las femeninas. Esta es una especie que tiene muy pocos lugares para su cultivo en el país.

### **ANOMALIAS EN LA BROTAACION**

Los frutales de carozo tienen una floración anterior a la brotación pero casi simultánea porque tiene yemas separadas, (en la misma ramita tienen yemas de madera y yemas de flores), entonces primero se produce la apertura de las yemas florales y a los pocos días la apertura de las foliares.

En los frutales de pepita por ejemplo, manzano, peral, primero se produce la apertura de las yemas y a continuación las flores (las yemas son mixtas, es decir, florales y foliares), y ambas funciones se cumplen simultáneamente.

Sin embargo cuando hay falta de frío invernal, como las yemas de leño, son más exigentes en frío que las florales, se produce la correspondiente floración pero no la foliación.

Es común en años de temperaturas mayores observar ramitas de frutales criófilos, poco exigentes en frío que tienen una floración prematura que se produce con un desarrollo inclusive de los pequeños frutitos pero no se

produce la apertura de las yemas que van a producir las hojas que van a elaborar las sustancias que permitan seguir alimentándose a los frutos y entonces se pierden estas flores abiertas. Además, descensos térmicos producen el helamiento de los mismos.

### **ANOMALIAS EN LA FRUCTIFICACION**

Así como hemos mencionado que hay un raleo de yemas, tanto foliares como florales, podría suponer que la falta de frío ocasionaría la falta natural del exceso de flores que normalmente aparecen sobre las plantas. Pero sin embargo no es así; los pocos frutos que quedan en la planta cuando el año no es tan frío, son frutos no uniformes que como se han producido a través de una dilatada floración, son de distintos tamaños. A su vez hay una cantidad menor de frutos porque ha habido una pérdida de yemas que no han raleado artificialmente sino naturalmente y al final determinan que haya una producción pobre y desuniforme. Hay caída de flores y frutos por consiguiente.

Cuando las plantas no entran en descanso están en actividad, aunque ésta sea reducida y entonces no descansan como corresponde. Si hacemos una visita al norte del país, encontraremos durazneros que simultáneamente tienen ramas en descanso, en brotación, en floración, en fructificación incipiente; en una palabra, cada rama trabaja por su cuenta, porque la planta no está siguiendo su ritmo normal, de período vegetativo y período de descanso.

Esto trae como consecuencia una pérdida de vitalidad la última consecuencia es la pérdida de longevidad.

Las plantas criófilas que están viviendo con temperaturas invernales insuficientes, disminuyen la cantidad de años de producción. Los durazneros en el país tienen una vida útil reducida, especialmente en la zona norte.

Como consecuencia de todos estos análisis, el rendimiento queda disminuido: años de inviernos fríos son años de rendimientos satisfactorios. Años de inviernos calientes, son años de rendimientos malos.

Ledesma, citado anteriormente, hace una correlación entre rendimientos de manzanas y perales del Delta del Paraná y la cantidad de horas de frío que soportaron durante el invierno precedente.

Hay una alta correlación entre invierno frío y mayor rendimiento, e invierno caliente, menor rendimiento.

Es posible entonces efectuar una estimación de rendimiento de una planta exigente al frío en función de las temperaturas invernales que ha soportado.

## **II) EXIGENCIA EN FRÍO DE ESPECIES ANUALES:**

Es el caso típico de los cereales de invierno (trigo, cebada, etc.). El estudio de esta exigencia fue completado por Lysenko en trigo llegando a descubrir que este cereal exige pasar por un periodo de temperaturas bajas, al que llamo periodo de vernalización.

En el Hemisferio Norte se siembran dos tipos de trigo: los llamados otoñales, que se siembran en otoño en estado de "pasto", pasan el invierno en el campo (generalmente bajo nieve) y espigan en primavera y los trigos (variedades) llamados primaverales que se siembran en primavera y se cosechan en verano. A los primeros se los llama también tardíos por su ciclo largo y a los otros precoces.

Si se siembra una variedad de trigo otoñal durante la primavera, se observará que difícilmente espigue durante el verano, al que pasara en estado de pasto y solo ira a espigar (si las condiciones se lo permiten) en la primavera del año siguiente al de la siembra.

De estos dedujo Lysenko que los trigos invernales exigen para alcanzar el desarrollo, pasar por un período de bajas temperaturas, inferiores a 10° (mejor entre 0° y 3°) cuando estos trigos son sembrados en primavera no alcanzan a satisfacer esta exigencia y en consecuencia no espigan porque no se han vernalizado. En cambio las variedades primaverales con mucha menor exigencia en vernalización, si se satisfacen con las temperaturas frescas primaverales.

Sobre la base de esto, la "teoría estadal" desarrollada por Lysenko dice:

1. Crecimiento y desarrollo no son fenómenos idénticos.
2. El desarrollo de una planta anual consta de "estadios" diferentes
3. Dichos estadios se suceden siempre en un orden estricto, de tal modo que un estadio no puede comenzar si no ha finalizado completamente el estadio anterior.
4. Los diversos estadios de desarrollo requieren distintas combinaciones de factores externos.

Cada estadio, va acompañado de cambios cualitativos irreversibles que tiene lugar en el protoplasma celular, principalmente en los tejidos meristemáticos. Es decir, para completar su desarrollo las plantas necesitan cumplir una serie de etapas o estadios que van acompañadas de cambios internos profundos, pero que necesariamente no se manifiestan en el exterior en el aspecto de la planta. Es decir no habría correspondencia entre el proceso estadal y el proceso fenológico.

En el trigo, Lysenko estableció dos estadios: el Termoestadio y el Fotoestadio. El primero cumple en las primeras etapas del crecimiento, después de la germinación y durante el macollaje. Las exigencias del trigo durante este estadio son: bajas temperaturas y días cortos (noches largas). Durante el fotoestadio, que comienza a cumplirse después de la encañazón. Las

exigencias son de días largos (más de 12 horas) y temperaturas en constante aumento.

Otros autores distinguen el escotoestadios (simultáneamente con el termoestadios) y el gametoestadio (simultaneo con el fotoestadio).

La necesidad de bajas temperaturas o frío durante el termoestadio variables según las variedades. Lysenko da las siguientes para los trigos del H.N.:

|                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| Var. otoñales     | 40 días entre 0 y 2 °C       |
| Var. invernales   | 30 días entre 4 y 5 °C       |
| Var. primaverales | 15 – 20 días entre 8 y 10 °C |

La necesidad en frío puede ser satisfecha artificialmente, mediante el procedimiento de la vernalización artificial que se funda en la posibilidad de hacer sufrir a las semillas germinadas, estado donde presenta máxima respuesta al tratamiento, un enfriamiento con la intensidad y duración como el indicado antes.

Para vernalizar artificialmente se procede así:

1. Las semillas artificiales se colocan remojo durante 18 – 24 horas hasta que se embeban completamente de agua.
2. Se las escurre y se las deja en oscuridad y temperatura adecuada (15 – 20°C) para que comience la germinación.
3. Cuando se nota que la radícula rompe el tegumento de la semilla, se las pasa a heladera a la temperatura de vernalización según la variedad dejándolas la cantidad de días necesarios.
4. Se siembran.

Estas semillas así tratadas espigaran aunque las condiciones de temperatura del campo, no sean de vernalización. De esta forma un trigo otoñal, se puede sembrar en primavera vernalizándolo previamente, con la seguridad que espigara normalmente, como si fuera primaveral.

Los trigos que se siembran en Argentina, están adaptados a las condiciones de suavidad invernal característica de nuestro clima y por eso manifiestan poca exigencia en frío invernal.

En términos generales podríamos decir que nuestras variedades más exigentes, se vernalizan perfectamente con 20 días a 5°C.

Cebadas, centenos, arvejas, lino, etc. también presentan variadas exigencias en vernalización.

## VENTAJAS DE LA VERNALIZACION:

1. Mejor crecimiento y uniformidad.
2. Aumento de resistencia a sequía.
3. Aumento de rendimientos.
4. Adelanto físico (acortamiento del período vegetativo).
5. Permite utilizar variedades invernales (más rendidores).
6. Importancia en estudios bioclimáticos.

## ACCION DE LA TEMPERATURA POR SU VAIRACION O AMPLITUD: TERMOPERIODISMO

El termoperiodismo es la influencia que tiene la amplitud térmica anual diaria y asincrónica sobre el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Termoperíodo, entonces es la variación diaria o anual de temperatura.

El término fue propuesto en 1936 por Boeuf pero sin realizar un esquema teórico como el que vamos a enunciar nosotros y que fue propuesto por Burgos en 1952.

Para el conocimiento reciente del termoperiodismo se disponía de antecedentes algunos de los cuales vamos a enumerar.

Desde mediados de 1841, Humboldt, había observado la diferencia de vigor y tipo de vegetación de lugares de Europa que tenían la misma temperatura media anual pero diferente amplitud.

En su viaje alrededor del mundo, Darwin en 1849 observa el contraste que presenta la vegetación sobre un mismo paralelo (misma latitud) pero que tienen temperaturas medias diferentes.

Vale decir que la vegetación presenta diferente comportamiento y tipo, según la distinta amplitud térmica anual. Un fenómeno denominado INTERCEPCION FENOLOGICA, que es la sucesión de fenómenos periódicos en los vegetales cuando se ve alterado y no puede ser explicado correctamente hasta que se conoció con exactitud el efecto del termoperiodismo.

Habíamos dado el ejemplo de la lila y el serbal. Hoy mencionaremos el caso del fresno y el roble. Estas dos especies tienen una brotación totalmente diferente según que vegeten en el N.E de Europa o en la isla Madera que posee un clima suave y de poca amplitud anual, mientras que el N.E de Europa tiene temperaturas con gran amplitud. La brotación del fresno es anterior en el N. E de Europa que en la isla Madera, en cambio el roble, brota más temprano en la Isla Madera que en el N. E de Europa. Esto se explica de la siguiente forma: el fresno exige frío, por consiguiente si pasa el invierno con temperaturas suficientemente bajas satisface su exigencia en frío y brota más rápido. En cambio al pasar un invierno suave en la Isla Madera, la brotación se atrasa porque no ha satisfecho su exigencia de horas de frío. En cambio el roble no exige frío y reacciona solamente a las temperaturas favorables;



evidentemente en la Isla Madera brotará más rápidamente que en el N. E de Europa.

**"Quiere decir que la intercepción fenológica no es otra cosa que la reacción de los vegetales a la satisfacción o no de sus exigencias climáticas, en este caso la exigencia en frío"**

Otro hecho que había llamado la atención era que las sumas de temperaturas necesarias para que se produjese la floración de ciertas especies eran diferentes, según la temperatura invernal que habían soportado las plantas en cada año. Respecto a una serie de cultivos: ciruelas, manzanos y perales, florecían con menos sumas de temperaturas acumuladas en inviernos fríos que en inviernos no tan fríos.

Y finalmente otro antecedente muy importante a tener en cuenta es el que se produce cuando hay introducción de especies exóticas en un país. Estas especies deben ser (dentro de otras condiciones) procedentes de regiones donde el termoperíodo a los que están sometidos en el lugar de origen similar al lugar donde van a ser introducidos.

Este inconveniente no tomado suficientemente en cuenta ha sido la causa, de fracasos y éxitos. Por ejemplo, la introducción de kiwi en Argentina.

Como fracaso rotundo debemos mencionar la introducción en el hemisferio sur de especies arbóreas y frutales de exigencia en frío durante el período de descanso en lugares donde no pueden satisfacer esa exigencia. Es el caso de los frutales criófilos (manzanos, perales, durazneros), que introducidos han resultado un fracaso. Otro fracaso muy importante es el producido con la introducción de variedades de trigo del hemisferio norte en países del hemisferio sur.

Ninguna variedad de trigo sembrada en la Argentina proveniente de semilla del hemisferio norte pudo prosperar, porque las exigencias en baja temperatura de estas variedades del hemisferio norte no podían ser nunca satisfechas por el invierno de la región pampeana. Si bien esos trigos luego entraron como material genético para la obtención de variedades autóctonas ninguna de ellas pudo prosperar en nuestro ambiente.

En contra de estos fracasos hubo éxitos marcados como por ejemplo la introducción del cultivo del manzano del Asia media al Estado de Washington, donde el manzano se ha naturalizado porque las condiciones térmicas del N.W de USA es prácticamente similar a las que se encuentran en el Asia Media.

Y otro ejemplo es el que presenta el cultivo de la papa, originaria de la isla de Chiloé, introducida con éxito total en Irlanda.

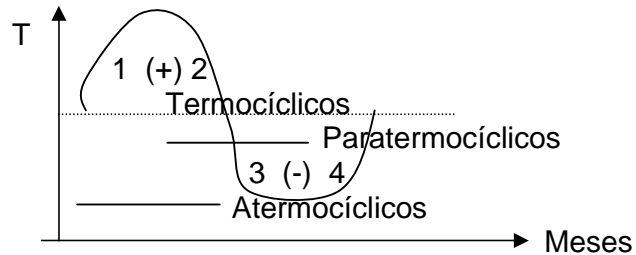
Lógico es porque en Chiloé la amplitud térmica es muy suave y en Irlanda se encuentra la misma amplitud durante todo el año.

## TERMOPERIODISMO ANUAL

Habrán deducido ustedes por lo que estamos mencionando que el termoperiodismo anual, que es uno de los tres que hemos mencionado (anual, diario, asincrónico), lo podemos aplicar tanto a los cultivos perennes como a los cultivos anuales.

Según como reaccionen al termoperiodismo anual BURGOS (1952) clasifica a los vegetales en:

- ✓ Termocíclicos
- ✓ Paratermocíclicos
- ✓ Atermocíclicos



Graficando la variación de la temperatura durante el año tenemos la temperatura media mensual más alta y la más baja. La diferencia entre las dos sería la variación anual de la temperatura. La línea que divide a esta variación anual en dos es la temperatura media anual.

Esta línea limita a dos fases de la variación anual de la temperatura, la fase negativa y la positiva de la variación anual de la temperatura.

Tenemos la rama ascendente de la termofase positiva (1) y la rama descendente de la termofase positiva (2).

También tenemos la fase descendente de la fase negativa (3), y la rama ascendente de la fase (4).

Los cultivos pueden ubicarse en distintas fases de la variación anual de la temperatura. Llamamos plantas termocíclicas a aquellas que tienen tejidos activos a la temperatura en uno o más ciclos de la variación anual. Vale decir cuando un vegetal tiene tejidos activos a la temperatura en todo ciclo de la variación anual o más, (plantas bianuales o perennes) entonces su reacción determina que sea una planta termocíclica, por ejemplo el manzano es una termocíclica porque aun cuando durante el invierno no tenga tejidos verdes expuestos a la temperatura, estos son activos pues están acumulando horas de frío. Los cítricos también son termocíclicos, con más razón, pues tienen tejidos activos durante todo el ciclo de variación anual.

Plantas paratermocíclicas son aquellas que tienen tejidos activos a la temperatura en las dos fases de variación anual de la temperatura pero sin llegar a completarse. El caso del trigo; este, se siembra en otoño – invierno (en la fase negativa) y se cosecha en la fase positiva, o sea que tiene tejidos activos a la temperatura en las dos fases de la variación anual de la temperatura sin llegar a completar ninguna de las dos, (especies invernales).

El manzano y el naranjo eran termocíclicas, el trigo, cebada y avena paratermocíclicas.

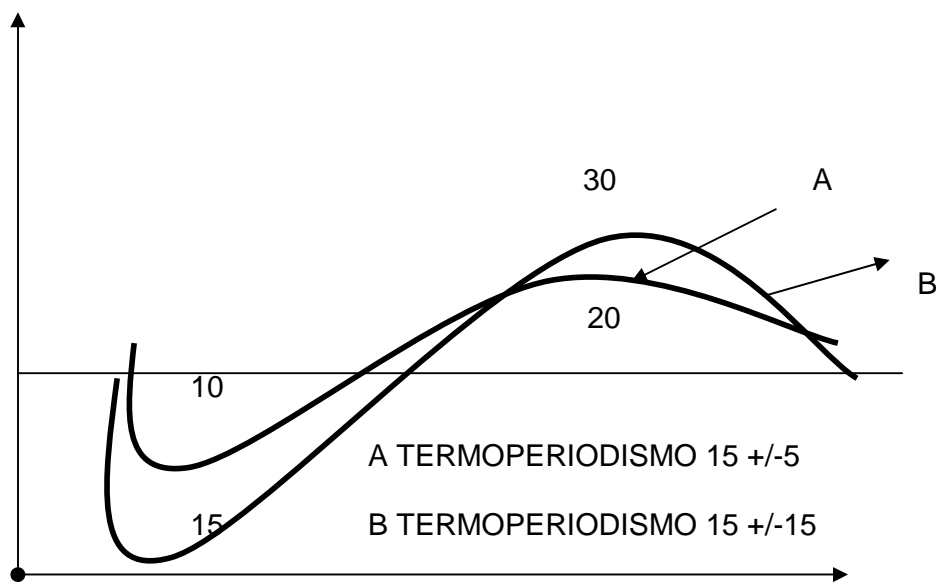
Atermocíclicas son aquellas que tienen tejidos activos a la temperatura en una sola fase de la variación anual de la temperatura. En este caso está el maíz, soja y sorgo, que solamente tienen tejidos activos en la fase positiva de la variación anual de la temperatura.

Se siembra cuando la temperatura comienza a ascender en primavera y se cosecha cuando la temperatura ha descendido en otoño pero no cuando estamos en invierno. Vale decir que este cultivo será atermocíclico.

Cuál es la forma de expresión del termoperiodismo anual?

### **Formas de expresión del termoperiodismo anual:**

Es el valor medio de la amplitud térmica de los dos límites que tienen influencia sobre el vegetal más o menos la mitad de la amplitud total.



Ejemplo gráfico: dos localidades tienen igual media anual pero distinta amplitud. Tendrán distinto termoperiodismo anual.

O sea, el primer factor por sí solo no puede justificar el termoperiodismo anual pero si agregando el segundo término de la expresión.

Dijimos que los límites tienen que ser referidos a aquellos valores térmicos que tengan influencia sobre el vegetal, o sea que cuando hablamos del termoperiodismo anual debemos mencionar el cultivo y la localidad; por ejemplo: trigo en Pergamino.

La siembra se efectúa en Mayo cuya temperatura media es de 12°. La cosecha es en Diciembre con una temperatura media de 22°.

Debemos considerar estos dos valores para efectuar el termoperiodismo anual? NO, debemos considerar cual es la temperatura más baja que soporta el cultivo de trigo durante su ciclo, que corresponde a Julio con 9,2°.

Esa sería la expresión del termoperiodismo anual del trigo en Pergamino.

|         |           |      |   |                                  |
|---------|-----------|------|---|----------------------------------|
| Siembra | Mayo      | 12°  | } | X = 15,6 ± 6,4 paratermocíclicas |
| Cosecha | Diciembre | 22°  |   |                                  |
|         | Julio     | 9,2° |   |                                  |

En el caso de la manzana como es una planta perenne no podemos considerar cuando se siembra y cosecha, sino la temperatura más baja del año y la más alta.

|                |                      |       |   |                          |
|----------------|----------------------|-------|---|--------------------------|
| Cipolleti      | Manzana              |       | } | 13,8 ± 8,7 termocíclicas |
| Julio-----     | Temperatura más baja | 5,2°  |   |                          |
| Diciembre----- | Temperatura más alta | 22,5° |   |                          |

|                                    |                  |     |   |      |
|------------------------------------|------------------|-----|---|------|
| El maíz en Casilda                 |                  |     | } |      |
| Siembra y cosecha -----            | Setiembre y Mayo | 13° |   | 18,5 |
| ± 5,5<br>Temperatura más alta ---- | Enero            |     |   | 24°  |

termocíclicas

### TERMOPERIODISMO DIARIO

Considera la influencia de la amplitud térmica diaria en el desarrollo de los vegetales. En las especies atermocíclicas, esta variación diaria puede tener influencia por si mismo, en las especies paratermocíclicas, hay coincidencias en el termoperíodo diario con el anual.

En 1941 Arthur Harwill, trabajando con una especie termocíclica, encontraron que mantenida en el invernáculo y con temperatura constante y favorable para el crecimiento no desarrollaban, no florecían y no fructificaban.

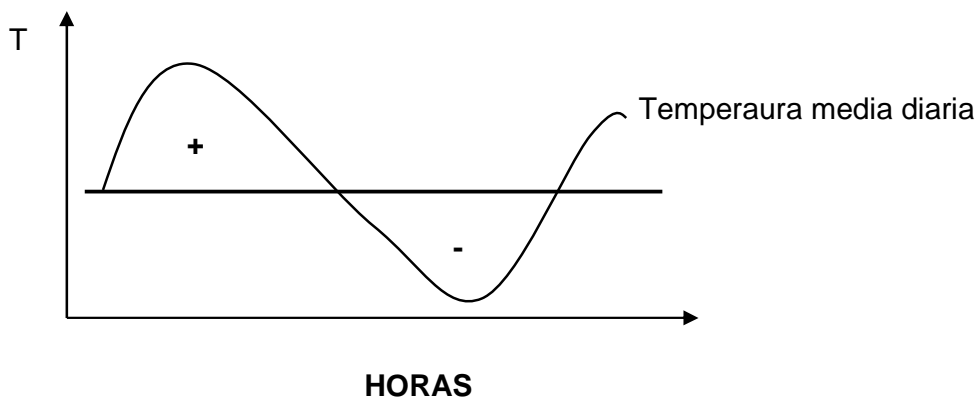
Era necesario hacer descender la temperatura a niveles inferiores a los comunes de crecimiento para que florecieran.

Una conclusión similar obtuvo Went en 1944 trabajando con tomate. Planas de tomate, creciendo en invernáculo a temperatura contante de 26° producían flores pero en poca cantidad y frutos pequeños.

En cambio, observó que a medida que la temperatura disminuía durante la noche, la cantidad de flores y frutos aumentaba, comprobando que la temperatura de 18°C era la óptima para el desarrollo de la planta de tomate.

Es decir que la aptitud térmica juega un papel preponderante en el desarrollo. Hay otros aspectos en la fisiología de las plantas que son favorecidas por esta variación diurna y nocturna de la temperatura. Por ejemplo el Guayule, que es una especie cauchífera, que al contrario de las otras especies puede desarrollarse en regiones templadas, y aun frías y áridas. Esta no produce caucho si no hay descenso nocturno de la temperatura, durante el desarrollo.

El termoperiodismo diario, como el anual, consta de dos termofases. Una positiva y otra negativa.



Gregory, Purvis, fisiólogos ingleses, hicieron gran cantidad de trabajos sobre vernalización (1937). Trabajando con una variedad de centeno invernal encontraron que era muy exigente en frío, esta vernaliza a 1°C durante 42 días.

Esta es la exigencia para la variedad en estudio. Sin embargo esta satisfacción puede perderse con temperaturas elevadas. Hallaron que con temperaturas de 20° durante 10 días perdía el efecto y con temperaturas de 40°C, se perdía en 8 horas. Conclusión todo lo acumulado en 42 días, puede perderse en horas si la temperatura aumenta durante el período de vernalización.

Este fenómeno que ocurre en el Centeno se llama desvernalizado; y puede volver a vernalizarse bajo la acción de bajas temperaturas.

Así la satisfacción de la exigencia en frío de una especie esta en relación con la manera en que esas horas de frío son asimiladas por el vegetal. De nada valdría que hubiese bajas temperaturas durante la noche, si al día siguiente asciende el nivel de desvernalización, y entonces, hay anulación del efecto del frío.

La desvernalización es la causa por la cual en nuestra zona se implementó el cultivo de apio bajo cubierta, ya que la planta se ve desmerecida comercialmente si alcanza la vernalización y emite el ápice floral, la producción en invernadero plástico, causa un efecto desvernalizador durante las horas del día, prolongando el estado vegetativo y por ende el período de cosecha del mismo

#### Formas de expresión:

Es el valor medio de la amplitud térmica diaria que tiene influencia sobre el vegetal, +/- la mitad de la variación total.

Supongamos que durante el día la temperatura máxima sea de 20° y la mínima de 10°. El valor medio de esos dos sería 15 +/- la mitad de la variación total que en este caso es de 20 – 10 o sea 10, que dividido en dos nos da 5 termoperiodismo diario:  $15 \pm 5$ .

Al hacerse estos cálculos es difícil trabajar con todos los valores diarios. Si hay que hacer el termoperiodismo diario basándose en la máxima y mínima diarias, el número de cálculos sería muy grande.

Como se consigue los mismos resultados trabajando con la máxima media y la mínima media mensual. El cálculo del termoperiodismo diaria se hace basándose en esos valores medios. Se calcula máxima y media mensual sobre la base de datos. Se hace el valor de medio de la variación total (promedio entre los valores extremos) más o menos la mitad de la variación total.

Vamos a ver un ejemplo de la papa en Balcarce y de la manzana en Cipolletti. (ver cuadro más adelante).

Quien no estudiara la verdadera influencia de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de los vegetales puede incurrir en un error muy grave si toma en consideración la temperatura media anual solamente. Observen el termoperíodo anual en Balcarce, para la papa es de 14,6° y de Cipolletti para el manzano es de 13,8°.

Considerando estos dos valores que es el promedio de la temperatura media del mes más frío con respecto a la temperatura media del mes más caliente, dividido dos, pareciera que las dos localidades tuvieran una temperatura media similar. Y así es. Sin embargo lo que importa es como varían esas temperaturas. La papa es un cultivo que requiere un termoperíodo anual fresco y de corta amplitud. En cambio el manzano exige uno de similar frescura pero de gran amplitud.

Y eso se puede ver en el cuadro. Los valores de mínima media de Cipolletti llegan en invierno a tener valores negativos. En cambio los de Balcarce son superiores.

La papa a los fines bioclimáticos tiene una exposición de tejidos a la temperatura similar al manzano. Una vez cosechada se la deja a la intemperie

hasta la plantación siguiente. Por lo tanto está sometido a las temperaturas invernales, igual que la rama de un manzano.

La papa no soportaría las bajas temperaturas invernales de Cipolletti, pues esta es menor en Balcarce. Asimismo las temperaturas del invierno son lo suficientemente altas como para producir la brotación. En Bs. As. el tubérculo brota, porque las temperaturas diarias alcanzan el nivel necesario para la brotación.

Una de las causas de la desvitalización del tubérculo es el crecimiento invernal. La temperatura para conservar a la papa en el invierno es de 4° (en heladera). La temperatura media invernal de Balcarce es de aproximadamente ese valor. Esta temperatura de conservación toma relevancia ya que una condición para sembrar los tubérculos es que estos no hay que desbrotarlos.

Por ello debe considerarse a la papa como criófila, que quiere un termoperíodo anual fresco y corto. El manzano requiere una amplitud mayor, esto señala la importancia que tiene el estudio de las temperaturas máximas y mínimas diarias.

❖ Papa en Balcarce. Termoperiodismo anual: 14,6 + 6,3

| Meses        | X          | XI         | XII        | I          | II          | III      |
|--------------|------------|------------|------------|------------|-------------|----------|
| Máxima media | 20,1       | 24,2       | 27,3       | 29,4       | 28,2        | 25,4     |
| Mínima media | 7,2        | 9,4        | 11,4       | 12,8       | 13,0        | 11,4     |
| Temp. mens.  | 13,6 + 6,5 | 16,8 + 7,4 | 19,4 + 8,3 | 21,1 + 8,3 | 20,06 + 7,6 | 18,4 + 7 |

| Meses        | IV         | V        | VI        | VII       | VIII      | IX         |
|--------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Máxima media | 20,5       | 15,8     | 13,0      | 12,2      | 13,5      | 16,5       |
| Mínima media | 9,2        | 6,3      | 4,3       | 3,5       | 3,6       | 5,3        |
| Temp. mens.  | 14,8 – 5,6 | 11 – 4,8 | 8,6 – 4,4 | 7,8 – 4,4 | 8,6 – 4,9 | 10,9 – 5,6 |

❖ Manzanas en Cipolletti. Termoperiodismo anual: 13 ± 8,7

| Meses        | IX         | X          | XI       | XII        | I          | II       |
|--------------|------------|------------|----------|------------|------------|----------|
| Máxima media | 19,3       | 22,9       | 26,8     | 29,7       | 31,2       | 30,9     |
| Mínima media | 3,0        | 6,0        | 9,3      | 11,1       | 12,6       | 11,1     |
| Temp. mens.  | 11,2 ± 8,2 | 14,4 ± 8,4 | 18 ± 8,5 | 20,4 ± 9,3 | 22,2 ± 9,6 | 21 ± 9,9 |

| Meses        | III        | IV         | V         | VI        | VII       | VIII      |
|--------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Máxima media | 26,8       | 22,9       | 16,7      | 13,6      | 14,1      | 15,7      |
| Mínima media | 8,8        | 4,2        | 1,5       | - 0,4     | - 1,9     | 0,4       |
| Temp. mens.  | 17,8 ± 9,0 | 13,6 ± 9,4 | 9,1 ± 7,6 | 6,6 ± 7,0 | 6,1 ± 8,0 | 8,0 ± 7,7 |

### **TERMOPERIODISMO ASINCRONICO**

Es una variante del termoperiodismo diario, que se presenta en los climas que, como el de nuestro país, están caracterizados porque la temperatura del aire no muestra un crecimiento diario definido desde invierno a verano, o a la inversa una disminución paulatina y constante de verano a invierno, sino que por el contrario, se produce una alternancia de periodos de altas y bajas temperaturas, los que pasan desapercibidos en los valores climáticos como son las temperaturas medias, máximas medias y mínimas medias mensuales.

En nuestro país, el hecho de no existir barreras orográficas con sentido latitudinal, permite que periódicamente grandes movimientos horizontales de aire frío de origen polar o antártico, los que producen pronunciados descensos de la temperatura del aire (aun en pleno verano) que son seguidos por períodos más calientes cuando se restablece la circulación normal.

Esta aperiodicidad en la marcha térmica produce trastornos en las especies que tienen poca exigencia en frío y un bajo umbral de brotación o floración.

El caso típico es el del almendro en nuestro país. Cuando se suceden periodos fríos satisface rápidamente su poca exigencia en frío, y luego, en los períodos cálidos posteriores comienza a brotar y a florecer. Estas flores y brotes no llegan a prosperar porque los descensos térmicos posteriores y heladas producen daños irreversibles.

Las especies arbóreas autóctonas de nuestro país, como son tipa, lapacho, jacarandá, etc. que no presentan exigencia en frío (pues el clima suave de nuestro país no alcanzaría a satisfacerlos) se defienden del asincronismo térmico porque tienen un umbral de brotación muy elevado, que recién consiguen a fines de primavera - principios del verano, cuando ya es difícil la ocurrencia de descensos térmicos muy marcados.

### **LA DURACION DEL DIA COMO ELEMENTO BIOCLIMATICO**

Conjuntamente con la temperatura, la duración del día tiene una acción fundamental en el desarrollo de los seres vivos, la cual recibe el nombre de Fotoperiodismo.



Sobre los vegetales el conocimiento de su acción data desde tiempo anterior a 1920. Es a partir de los trabajos de Garner y Allard (1920) que se descubre la incidencia de la duración del día sobre la floración del tabaco var. Maryland en experiencias controladas. El Maryland no florecía en Washington (lugar de experiencia) durante su época normal de cultivo, aunque se variaran las condiciones de temperaturas, de riegos, etc. Pero las plantas, mantenidas en invernáculo, florecían en pleno invierno. Como las condiciones térmicas, etc. eran similares a las que habían tenido las plantas durante el verano, dedujeron que el único elemento que había variado era la duración del día, lo que pudieron confirmar reduciendo artificialmente la duración del día a las plantas cultivadas durante el verano, las que entonces sí florecían. Posteriormente trabajaron con otras especies, dentro de las cuales estaba la soja, se utilizaron cuatro variedades: Mandarín, Pekin, Tokio y Biloxi. Cultivadas en invernáculos con adecuadas condiciones de temperatura y fertilización controlada, pero bajo distintas duraciones de iluminación diaria. La cantidad de días transcurridos entre el nacimiento y la floración de los distintos grupos fue:

| Horas de iluminación | Mandarín | Pekin | Tokio | Biloxi |
|----------------------|----------|-------|-------|--------|
| 5                    | 23       | 21    | 24    | 27     |
| 7                    | 21       | 21    | 24    | 26     |
| 12                   | 21       | 21    | 28    | 28     |
| 15                   | 26       | 62    | 73    | 110    |

Mandarín se comportaba como una variedad indiferente a la duración del día, ya que tarda igual tiempo en florecer aunque 15 horas produce un atraso de cinco días. Pekin era una variedad de días cortos, pero retrasa enormemente la floración cuando la duración del día es mayor de la hora. Tokio y Biloxi comienzan ya a alargar el subperíodo aun con días de 12 horas.

Trabajando con distintas especies, Garner y Allard llegaron a clasificar las plantas según su respuesta a la duración del día exigida para florecer en:

- (a) Plantas a días cortos: las que florecían con días de menos de 12 a 14 horas.
- (b) Plantas a días largos: las que florecían con días de más de 12 a 14 horas.
- (c) Plantas intermedias: las que florecían con días de 12 a 14 horas de duración.

De acuerdo con estas exigencias, las distintas especies y variedades mostraron variaciones en su ciclo según sea la duración del día en el lugar donde se las cultiva. Esto ha introducido la relatividad del concepto de precocidad o tardío de las especies. Una especie a días cortos, se comportara como tanto más precoz a medida que se la cultive cada vez más cerca del Ecuador, donde la variedad a días largos se comporta como tardía, demorando o aun no manifestando la floración. A la inversa, cuando se desplaza hacia latitudes altas, la variedad a días largos se manifestara como más precoz.

Este efecto de la duración del día o fotoperiodismo, no se refiere para nada a la intensidad de la luz, sino a la cantidad de horas del periodo de iluminación diaria. Pequeñas intensidades de luz, como la luz crepuscular o la recibida bajo cielos nublados, producen efecto fotoperiódico. Es por ello que en bioclimatología cuando se habla de duración de día se comprende al periodo total de tiempo diario, en horas y minutos o en horas y decimos que se extiende desde la iniciación del crepúsculo matutino (sol 6° por debajo del horizonte) hasta la finalización del crepúsculo vespertino. A este lapso de tiempo se lo designa fotoperíodo. Es decir, el fotoperíodo comprende el día civil más la duración de ambos crepúsculos.

Si bien las adaptaciones sufridas a través de su cultivo y las producciones de la fitotecnia han determinado muchas modificaciones en las exigencias fotoperiódicas, las especies mantienen en general, las exigencias ancestrales de sus ascendientes. Según Vavilov, el lugar de origen de las plantas cultivadas está relacionado con la duración del día que exigen para florecer.

En el ejemplo de soja Biloxi que hemos mencionado, vemos que aunque es una variedad a día corto, alcanza a florecer aunque se la cultive bajo día largo (15 hs.). En este caso se producirán anomalías (poca energía, pocas flores, etc.) pero el hecho es que florece. Esto nos obliga a redefinir los conceptos de plantas a días cortos y largos.

### **Plantas a días cortos:**

Son aquellas cuyo desarrollo se acelera y la entrada en floración se anticipa tanto más cuanto más cortos son los días.

Son originarias de regiones tropicales o subtropicales. Dentro de las cultivadas; por ejemplo se encuentran: maíz, soja, arroz, mijo, algodón, tabaco, haba, sésamo, poroto, etc. Se los siembra en primavera y florecen del solsticio de verano, cuando los días empiezan a acortarse.

### **Plantas a días largos:**

Son aquellas cuyo desarrollo se acelera y su floración se anticipa tanto más cuanto más largos son los días. Corresponde a especies originarias de latitudes medias o zonas montañosas de la zona templada. Son cultivos invernales cuya floración se manifiesta en primavera con los días alargándose, los cereales invernales, alpiste, lino, arveja, vicia, lechuga, espinaca, etc., pertenecen a este grupo.

### **Plantas indiferentes:**

No manifiestan exigencia fotoperiódica, siendo capaces de florecer con cualquier duración del día. Por ej.: tomate, algunas variedades de girasol, etc.

Las llamadas plantas intermedias, capaces de florecer entre duraciones de día de 11 a 13 horas son pocos abundantes: algunas variedades de caña de azúcar, taraxacum, algunos trigos, etc.

La exigencia fotoperiódica presenta algunas particularidades. Se sabe que plantas a día corto son mucho más influidas fotoperiódicamente por días menores de 12 horas pero en disminución, es decir acortándose cada día más (otoño) que por días de menos de 12 a 14 horas pero alargándose (invierno – primavera).

Si a una planta de día corto se le interrumpe la duración de la noche con una iluminación durante 10 o 15 minutos, se producirá un retardo en la fecha de floración. A la inversa, haciendo lo mismo a una planta de día largo se acelera la floración. Si se producen oscurecimientos breves durante el período diurno de ambos grupos de plantas, no se producen sensibles modificaciones en la fecha de floración. Estos hechos han llevado a algunos autores a significar que lo que tiene efectivamente importancia no es la duración del día sino la de la noche y se debería hablar de plantas a noches largas en vez de días corto.

### **INDUCCION FOTOPERIÓDICA:**

Se llama así a la práctica de satisfacer artificialmente las exigencias fotoperiódicas en forma anticipada. Los mejores efectos se consiguen en los primeros estados de crecimiento y aun en la germinación. Hasta ahora no ha sido posible inducir todas las plantas, pero es una técnica bastante difundida.

La inducción de plantas a día largo, se puede hacer manteniendo las semillas recién germinadas o las pequeñas plántulas, bajo condiciones de luz continua durante un período de 10 o 15 días. Posteriormente serán capaces de florecer (siempre que hayan satisfecho las otras condiciones exigidas, por ejemplo la suma de temperaturas) aún bajo días cortos.

Para las plantas a días cortos, la inducción se hace sometiendo a las plantitas a períodos alternados de luz y oscuridad, de corta duración, durante 10 a 15 días.

### **Acción de la luz lunar:**

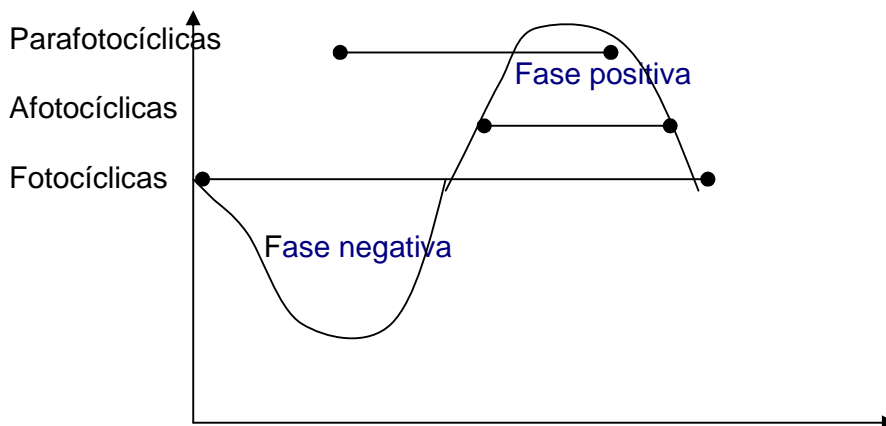
Desde el momento que la acción fotoperiódica puede ser provista por luz de muy baja intensidad (5 bujías), es conocido que la luz lunar puede actuar con efecto fotoperiódico en plantas a día largo produciendo una especie de inducción que las lleva a florecer rápidamente. Esto es esencialmente cierto para especies de ciclo corto. Azzi, realizó experiencias con lechuga, cebolla y rabanitos, encontrando que estos últimos florecían rápidamente cuando las siembras o almácigos se efectuaban durante períodos de cuarto creciente, de manera que las plantitas crecieran bajo luna llena. Con el inconveniente que había poco crecimiento de raíz que es lo que interesa. A la inversa cuando la siembra se realiza en cuarto menguante la floración recién se produce a los 40 a 50 días, con un engrosamiento adecuado de las raíces. En lechuga, cuando sembrada en menguante producía un buen crecimiento de hojas, en cambio la sembrada en creciente, a las 2 a 3 semanas florecía sin mayor desarrollo de la parte foliar.

En general, para las plantas de bulbos o tubérculos, las condiciones de duración de día que aceleran el desarrollo son inconvenientes para un buen tamaño de bulbos.

### CLASIFICACION BIOCLIMATICA DE LAS PLANTAS SEGUN LA VARIACION ANUAL DEL FOTOPERIODO

Numerosas experiencias y observaciones muestran que la acción del fotoperíodo no se reduce solo a su expresión de duración aislada, de efecto más o menos inmediato, sino principalmente a su variación anual, es decir la acomodación o la variable exigencia de las plantas durante su ciclo. Ya habíamos dicho que el trigo, exige días cortos durante las primeras etapas y días largos después de la encañazón. Con muchas especies sucede lo mismo. Por lo tanto hay que considerar no solo la acción de un fotoperíodo diario sino también la de un fotoperíodo anual.

Burgos ha propuesto una clasificación de las plantas basándose en las exigencias que presentan acerca de la variación anual del fotoperíodo.



1. **Fotocíclicas:** aquellas especies que presentan tejidos activos a la acción de la luz durante un ciclo completo o más de la variación de la duración del día. Ej.: naranjo.
2. **Parafotocíclicas:** las que presentan tejidos activos a la acción de la luz en ambas fases de variación anual de la duración del día pero sin completarlas. Ej.: trigo.
3. **Afotocíclicas:** las que presentan tejidos activos a la acción de la luz en una sola de las dos fases de la variación anual de la duración del día. Ej.: maíz.

## **EL REGIMEN PLUVIAL Y LOS FENOMENOS VEGETALES PERIODICOS**

En realidad, la acción de la humedad no es bioclimática preferentemente, sino agroclimática. Quiere decir que la temperatura y la duración del día tienen un efecto cualitativo, que es el de permitir que un cultivo puede desarrollarse en un determinado lugar; en cambio la humedad tiene un efecto de rendimiento, pues su presencia, ausencia o variación, determina que los rendimientos sean mayores o menores en un lugar donde los elementos bioclimáticos, temperatura y duración del día han posibilitado la implantación de un cultivo.

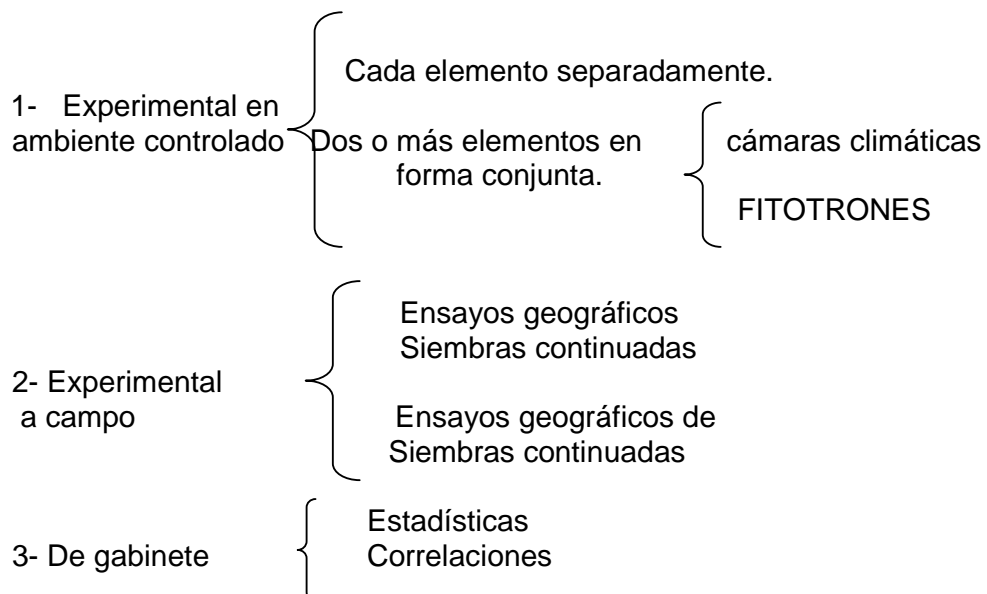
Por ejemplo, en aquellas regiones donde la temperatura es permanentemente alta durante todo el año y la duración del día varía poco y las lluvias son continuas. Como en las regiones ecuatoriales, el cultivo puede implantarse en cualquier época del año, vale decir, que no existe un ciclo biológico definido.

Ya en las regiones tropicales donde existe una verdadera estacionalidad de las precipitaciones (época seca y húmeda), los cultivos se hacen en la época húmeda.

Si las condiciones de temperaturas y humedad son favorables a los cultivos, pueden hacerse más de una vez por año (2 o 3 cosechas de trigo en África Ecuatorial Inglesa, dos cosechas de uva en el sur de Brasil, dos de arroz en Colombia, etc.). Algunas especies son capaces de demorar un poco su desarrollo cuando las condiciones de humedad no son las adecuadas (por ej.: sorgos).

## **CARACTERIZACION DE LAS EXIGENCIAS METEOROLOGICAS DE CULTIVOS.**

Para llegar a conocer las exigencias que los cultivos presentan en los diversos subperíodos podemos seguir varios métodos:



Habíamos definido en otra oportunidad a la bioclimatología como el estudio del comportamiento de las especies agrícolas en el medio ambiente de su región de cultivo, y en su estudio entra el de las exigencias meteorológicas de esos cultivos, con la finalidad de llegar a determinar cual es la época del año mas apropiada para la implantación de los mismos.

Si tenemos un lote de semillas de plantas anuales, y no conocemos cuales son las exigencias de esas plantas, se impone un estudio integral donde forzosamente se hará un estudio bioclimático.

Lo primero que se debe realizar es la germinación de esa semilla en condiciones de temperatura y humedad favorables, en una serie de macetas. Sería un estudio experimental en ambiente controlado, y analizaríamos primeramente el efecto de la temperatura sobre el desarrollo de esta especie. Puede ser que haya crecido sin interrupciones hasta la cosecha, tratándose de una especie que solamente requeriría temperaturas favorables para su desarrollo; tal sería un cultivo estival como el maíz.

Pero puede suceder que puesta esta especie en condiciones favorables continúe creciendo indefinidamente, pero el desarrollo no se presente.

Vale decir que la planta queda en el estado de mata y las temperaturas favorables no le producen el desarrollo esperado. En estas circunstancias caben dos posibilidades: que sea necesario modificar el termoperíodo diario (tomate) o modificar el termoperíodo anual, es decir en una especie que necesite bajas temperaturas, debiendo recurrirse a la vernalización.

La técnica que se debe adoptar para una especie que exija un termoperiodismo anual acentuado como es el trigo, consiste en vernalizar una serie de muestras de esas semillas produciéndose una germinación incipiente, colocándosela entonces en una heladera, a una temperatura entre 2 y 4° .

Para comprobar cuál es la exigencia en frío de esa especie anual es necesario hacer lotes de semillas analizadas con distintos intervalos de vernalización, (su duración y temperatura). Con todo esto se dispone las parcelas en el campo con los testigos correspondientes que no han sido tratados por vernalización.

Aquella parcela que tenga máximo adelanto en su espigazón, es la de tratamiento más adecuado de vernalización para la variedad tratada.

Este sería el caso de trabajar con plantas anuales. Para el caso del conocimiento de las exigencias de frío de frutales criófilos, se usa el método de Yarnel.

Se cortan ramitas de frutales ya en descanso, y se colocan en heladeras a temperaturas inferiores a 7° (es el límite debajo del cual las plantas comienzan a acumular horas de frío). Cada 50 horas de frío, se van retirando de la heladera y se colocan en condiciones favorables de crecimiento.

Si sacada esa muestra no se produce su brotación quiere decir que todavía no ha satisfecho su necesidad de frío. Entonces se saca otra muestra a las 50

horas y así sucesivamente hasta que una determinada dosis de frío induzca la brotación de la ramita en condiciones favorables.

Esto nos indica la cantidad de horas de frío que requiere esa variedad de la especie frutal. Por supuesto no hay que tomar a ese valor de las horas de frío como estrictamente exactas ya que la exigencia en frío de los frutales depende del lugar, de la época del año, de la variedad y de la forma en que las horas de frío se le proporcionen a esa especie.

Puede suceder que estén satisfechas todas las condiciones térmicas para que una planta pueda desarrollarse, sin embargo no producirse la floración. Esto se debe a que la especie en cuestión requiere una especial duración del día.

En este caso, a plantas a las que hemos podido dar un valor térmico a sus exigencias, se las pone en distintas condiciones de duración del día. Por ejemplo entre 8 y 10, otra entre 10 y 12 y 14 y otra entre 14 y 16. Vale decir que tenemos distintos tratamientos de duración del día. En las condiciones de exigencia térmicas favorables, uno de esos tratamientos tendrá un máximo adelanto de la floración. De ahí deducimos que esa duración es la favorable para esa especie.

Conociendo como es la reacción de una especie a la temperatura y a la duración del día viene el aspecto cuantitativo, de saber cómo la humedad puede influir en los rendimientos. Para ello podemos utilizar el método de Azzi que uso para la determinación de los períodos críticos, que en la utilización de macetas a las que se suministra distinta cantidad de humedad según el subperíodo vegetativo que estamos considerando.

Con alternación de condiciones normales de humedad condiciones de exceso de agua a condiciones de sequía en determinado periodo, subperíodo, podemos determinar cuáles s el rendimiento máximo que se consigue y determinar de esa manera el período crítico de la especie en cuestión. Sin embargo en este primer análisis que estamos realizando hemos tomado cada elemento por separado y eso no es lo que realmente considera la bioclimatología agrícola, sino que esta la reacción de los cultivos sobre las especies agrícolas con el medio ambiente del lugar en que se encuentran cultivados, y en este lugar los elementos no actúan separadamente sino con una interacción, a una determinada temperatura corresponde una determinada duración del día y a su vez hay una alternancia de precipitaciones.

Por eso conviene estudiar estos elementos combinados. Esta combinación puede hacerse inclusive en laboratorios con la utilización de cámaras climáticas, donde se pueden variar la temperatura del día con el de la noche, y la duración del día. La expresión más acabada de interacción de elementos en el crecimiento y desarrollo de las plantas son los fitotrones, que son verdaderos invernáculos grandes donde hay una serie de habitaciones donde el aire es acondicionado, se lo puede tener a una determinada humedad relativa, se puede oscurecer para hacer días cortos o largos, se puede tener una determinada temperatura de suelo, se puede producir lluvia artificial y cada habitación tiene un tratamiento de combinaciones diferentes. Sin embargo esto

más sirve para cuestiones fisiológicas de determinada reacción del vegetal cuando se mantiene constancia un elemento y se varían otros, a los fines de climatología agrícola.

Creemos que para el estudio de las exigencias bioclimáticas es necesario realizar los estudios en el cultivo, así se ha venido postulando desde que Geslin en 1944 publicó una tesis, y llegó a definir a la bioclimatología como lo hemos hecho, o sea que es el estudio de las leyes de crecimiento de un vegetal en el lugar de cultivo.

De todo esto vemos que lo realmente importante es el método experimental a campo, y en él tenemos dos grupos de ensayos, los ensayos geográficos y las siembras continuadas.

En los primeros se pretende realizar el cultivo de una especie o variedad en distintos ambientes, geográficamente esperados.

Evidentemente hay distintas interacciones de los elementos entre lugares distantes centenares de kilómetros, por ejemplo. Quien realizó los primeros ensayos geográficos que llevaron luego al estudio de la ecología agrícola fue Azzi.

En 1927 hizo un ensayo con trigo, utilizando un meridiano geográfico desde Suecia al Norte de África, realizando ensayos en los distintos países por donde pasaba.

Los ensayos los hizo con variedades típicas de cada país, 10 o 12 variedades. Las sembraba en la época normal de siembra de cada país.

Naturalmente la variedad típica de la zona tenía reacciones favorables ante el ambiente que les era propio.

Pero por ejemplo una variedad del norte de África sembrada en Suecia tuvo pésima reacción y viceversa.

Quiere decir que una variedad de trigo sembrada en distintos ambientes tuvo distintos comportamientos, reflejado en el rendimiento. De esto se puede deducir cuáles eran las exigencias de la especie trigo.

Con estos ensayos comprobados queda entonces la aptitud de las variedades para sembrarlas a otras latitudes. En realidad no debe considerarse al de las siembras geográficas como un método bioclimático, sino como ecológico, porque no varían solamente las condiciones del lugar, sino también las condiciones del suelo, y si bien el valor de estas últimas es poco importante, no es despreciable en cuanto puede ejercer un efecto limitativo sobre el cultivo.

Por ello preferimos el sistema de las siembras continuadas o periódicas. Las siembras continuadas consisten en la utilización de épocas de siembra separadas por un intervalo regular de días desde bastante antes de la época



normal de siembra, hasta bastante después del momento en que se considera óptimo para la siembra en un determinado lugar.

Supongamos el cultivo del trigo en la región pampeana que se realiza más o menos entre mayo y fin de junio. Una siembra continuada iría de marzo a setiembre y así tenemos cubiertas todas las posibilidades bioclimáticas de combinaciones de temperatura, duración del día y humedad en el ciclo vegetativo del trigo.

En una siembra otoñal de trigo, estamos haciendo vegetar a la planta con temperaturas en descenso, como también la duración del día; en cambio esa misma parcela sembrada en Septiembre va a tener temperaturas y duración del día en ascenso y de ahí todas las variables intermedias cuando hacemos una siembra cada 15 días. Por ejemplo: sembramos el 1º de marzo, 15 de marzo, 1º de abril, 15 de abril, etc. y tenemos el orden de las 12 – 14 siembras en todo un período agrícola.

Aquí tenemos una gran ventaja: utilizamos el mismo material, el mismo suelo, y el mismo observador, vale decir que cuando está anotado comienzos de espigazón lo hacemos con el mismo criterio adoptado, para las demás épocas, cosa que puede diferir cuando hacemos observación en distintos países.

De esta forma los únicos elementos que varían influyendo en el desarrollo de esos vegetales en las siembras continuadas con los elementos bioclimáticos o los climáticos en general.

Con un solo año de ensayo se pueden obtener cantidades de combinaciones tantas como épocas de siembras realizadas, y que corresponderían a tantos ambientes climáticos utilizados en siembras geográficas.

Si combinamos los ensayos climáticos con las siembras continuadas, tendremos un cúmulo de observaciones tan grandes que de su análisis podemos llegar a inferir realmente cuales son las exigencias bioclimáticas de un determinado cultivo. Este es el **método más aconsejable**.

Cuando no se pueden realizar ensayos, se usa un método geográfico deductivo. Si un determinado cultivo se efectúa en tal lugar, deben darse tales características climáticas, y si disponemos en el país de características similares, decimos que ese cultivo puede prosperar en esa región.

O si queremos estudiar dentro de nuestros mismos cultivos cuales son las reacciones con respecto a la temperatura y rendimientos o precipitación y rendimiento, o humedad del suelo y rendimientos, se pueden hacer correlaciones entre el rendimiento de determinados años que han tenido determinada temperatura invernal, o determinados años en que el período crítico la húmeda fue deficitaria o con exceso de agua.

De esa manera, podemos determinar las exigencias de determinados subperíodos o especies en general.

## **MODALIDADES BIOCLIMATICAS DE LOS CULTIVOS**

Todos los elementos de la bioclimatología que hemos estudiado, así como también la metodología para estudiar las exigencias de los diferentes cultivos en general, podemos agruparlos en una generalización con respecto a una serie de cultivos. O sea, determinamos las exigencias bioclimáticas, de los grupos de cultivos.

No es posible una delimitación exacta, y llegar a decir que todos los cultivos integrantes de un grupo poseen las mismas características bioclimáticas, pero sí que tienen una tendencia general a satisfacerlas.

Por ejemplo, nadie pensara que el cultivo de maní tenga las mismas exigencias que el de batata, pero si podemos decir que ambos tienen grandes diferencias con el trigo y avena.

Quiero significar que en el agrupamiento que estamos haciendo, indicamos las características generales de los cultivos. Pero cuando debemos estudiar cada uno de ellos en particular, deberá hacerse la investigación a fondo de cuáles son las exigencias de las especies, y de cada variedad dentro de ellas.

La primera división que se puede realizar es en plantas anuales y perennes. La diferenciación general que se hace entre estos dos grupos es en la fecha de siembra.

Una planta perenne está implantada en el lugar, y por lo tanto la fecha de iniciación del ciclo vegetativo dependerá de las condiciones meteorológicas de cada año.

En cambio en los cultivos anuales, la fecha de siembra tendrá variaciones de año tras año, para acomodarlas a las condiciones particulares de cada año.

### **Plantas anuales:**

Pueden ser estivales o invernales. Ambas tienen características bioclimáticas bien diferentes, como para efectuar una separación neta.

En el grupo de las invernales tenemos algunos de los principales cultivos del país: trigo, avena, cebada, centeno, lino, amapola, legumbres de grano, arveja, haba, garbanzo, lenteja, etc. entre los cultivos estivales: maíz, sorgo, mijo, girasol, soja, algodón, maní, cáñamo, tabaco, etc.

Entre ambos grupos de plantas hay uno de los que se denominan cultivos de media estación. En estos no son los granos ni los frutos los que se utilizan como producción agrícola, sino que son las raíces o tallos engrosados, y hojas, y entonces la floración de estas especies se produce a expensas de las sustancias de reserva que son las que se utilizan en el comercio.

Por lo tanto, todas aquellas condiciones climáticas que favorezcan la floración están perjudicando las bondades agrícolas de las especies.

Por lo tanto: papa, remolacha, zanahoria, coliflor, cebolla, espinaca, etc., son cultivos cuyo mejor lugar de siembra depende de la duración del periodo en que la temperatura oscila entre 10 y 20° C.

Cuanto mayor sea el período que goza de esta temperatura, las condiciones serán más favorables para el cultivo.

### **CARACTERÍSTICAS PRIMORDIALES DE LOS CULTIVOS INVERNALES** **(TRIGO)**

1) Requieren un enfriamiento en los primeros estados de crecimiento, aunque cada especie requiere un enfriamiento diferente y dentro de cada especie, cada variedad, también. Las distintas variedades de una especie tendrán una exigencia en vernalización similar al lugar de origen, vale decir que esta exigencia, es una característica del biotipo climático del lugar donde están cultivando.

Las variedades del trigo del H. N. tienen una marcada exigencia en frío, porque el clima del lugar determina que la pueden satisfacer. Las variedades Argentinas tienen poca exigencia en frío porque en el campo no puede satisfacer una exigencia mayor que la que el campo le pueda proporcionar.

Una variedad del H. N. sembrada en el H. S. tendrá que fracasar porque no puede satisfacer su exigencia en frío. Como en el H. N. hay localidades en que la temperatura permanece bajo 0° C durante varios meses si el trigo ha sido sembrado en otoño, antes que comiencen las nevadas, el trigo pasara el invierno bajo la cobertura de nieve satisfaciendo sus exigencias en frío, que son elevadas.

En cambio, en la región cerealera Argentina, la temperatura media más fría que puede soportar un cultivo de trigo, se encuentran en el sur de la provincia de Bs. As, en las sierras de Tornquist o de la Ventana, en Tandil, donde la temperatura puede descender en el mes más frío a 5° o 7° .

Naturalmente la satisfacción de baja temperatura es menor en nuestra región cerealera que en el H.N.

Podemos entonces concluir, que estos cultivos anuales invernales reaccionaban a la vernalización.

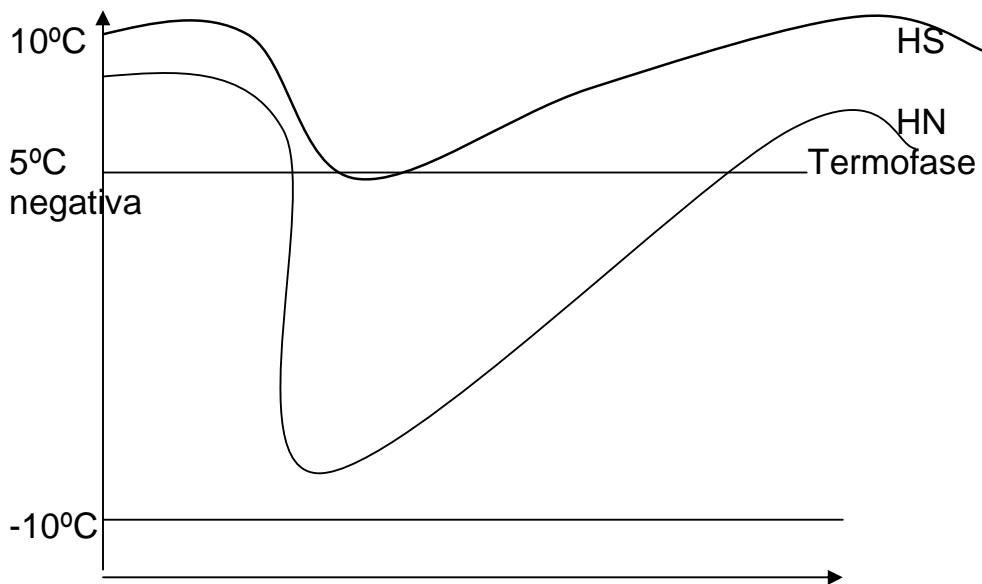
2) El mínimo de crecimiento se encuentra alrededor de los 5° C. si es tan bajo quiere significar que son cultivos que pueden extenderse hacia elevadas latitudes.

Un mínimo de crecimiento de 5° C está fijando que si se trata de una localidad del H. N., cuya termofase negativa invernal, puede llegar a -10° C; y dijimos que el límite de crecimiento es el de 5° C, y los cultivos se han realizado antes de que la temperatura es inferior a este límite o sea que han comenzado ya su

crecimiento, hay vida latente, y los cultivos cubiertos por la nieve se encuentran a temperaturas cercanas a 0° C por el efecto protector de la nieve, aunque la temperatura del aire sea menor.

En estos momentos el cultivo está acumulando las horas de frío que necesita. Esto no ocurre en nuestra zona cerealera, donde no hay ningún mes donde la temperatura media sea inferior a los 5° C vale decir, que nunca tenemos interrupción de crecimientos en los cultivos de trigo o cereales en general.

Al no haber interrupción de crecimiento, los periodos vegetativos son mucho más cortos; no es necesario sembrar más temprano en otoño, sino que se pueden sembrar mas tarde. También se puede sembrar en invierno, cosa que no puede hacerse en el H. N.



Además, como el crecimiento es ininterrumpido, cuando comienzan las temperaturas favorables para el desarrollo primaveral, la planta está lo suficientemente adelantada para desarrollarse perfectamente.

La espigazón y maduración se realizan en una época anterior al que podría haber sucedido en el H. N.

O sea, que si el ciclo vegetativo de una planta en el H. N. puede llegar a los 300 días de longitud, en H. S. La duración es de 120 a 130 días.

Puede suceder que en el H. N. este período de temperaturas menores a 5° C puede producirse sin que existan precipitaciones, en ese caso, la temperatura del aire desciende a valor inusitados de 30, 40, o 50° C bajo cero, que son temperaturas no resistidas por los cereales, por lo tanto es imposible hacer siembras otoñales o invernales.

Por lo tanto hay grupos distintos de trigo que se siembran cuando las circunstancias son más o menos las mencionadas y son los trigos primaverales, que se siembran posteriormente al deshielo.

No se siembran en nuestro país.

Los ciclos vegetativos, de estos trigos, son muy cortos (90 a 95 días). En cambio, los trigos nuestros, son semiprecoces o semitardíos, ni invernales ni primaverales.

3) Bajo requerimiento calórico para madurar. A un nivel bajo de comienzo de crecimiento de 5°, se suma una pequeña exigencia de temperatura para madurar. Ello indica que los cultivos pueden acercarse hacia los polos.

En el H. N. son posibles cultivos invernales en el círculo polar ártico, en el H.S. no es posible llegar tan lejos hacia el sur debido a que no hay tierras ni en Australia ni en Sudáfrica a menos de 40 a 50° de latitud y además los veranos son demasiado frescos o fríos para la maduración.

Si bien en Argentina tenemos tierras hasta los 64°, la falta de humedad desde el sur de la provincia de Bs. As. hace imposible el cultivo de cereales. En las altas latitudes del H. N. la temperatura en la fecha de maduración es de 14 – 15° C, mientras que en Tierra del Fuego son de 10 – 11° C, y todavía no se ha conseguido una variedad de trigo que pueda madurar con esa temperatura.

En los valles precordilleranos, (El Bolsón, Neuquén), donde se hacen cultivos de trigo, y tiene la particularidad de que en invierno es una región de lluvias mediterráneas, del orden de los 2000 mm o más, y por lo tanto no es posible preparar el suelo para hacer la siembra de trigo, y entonces hay que sembrar en primavera (octubre – noviembre).

Se utiliza una variedad local, que se llama " Primavera " que se desarrolla durante el verano y la maduración coincide con los meses de otoño.

Pero como ese momento es cuando comienza a descender la temperatura, los cultivos están en una permanente maduración cética, las plantas entran en el estado fenológico de amarilleo, pero no existen temperaturas favorables como para que prosiga la maduración total de la planta, y debe efectuarse la cosecha en un estado pastoso, no duro, de poca calidad, que sólo se usa en platos locales.

4) Son más o menos resistentes a temperaturas inferiores a 0° C. Cuando los cultivos se desarrollan en un clima benigno como el que proporciona la región pampeana en invierno, pueden efectuarse los cultivos en otoño. Las plántulas quedan en el campo, y van satisfaciendo sus necesidades de frío, por las temperaturas mínimas que se van sucediendo durante 30 – 35 días durante el año, de valores inferiores a 0°C. Pero su resistencia que es varietal, debe encontrarse como límite alrededor de los –15°C, mientras está en estado de pasto, pero alrededor de 0°C en la espigazón.

5) Adelantan el desarrollo con días largos. La floración de los cereales en días cortos, o no se producen o se hacen con dificultad con detrimento del rendimiento. Además estos días cortos coinciden con las bajas temperaturas, que impiden el buen desarrollo.

6) Exigencias en agua de los cultivos invernales son inferiores a los estivales. A menor temperatura menor evaporación y por lo tanto consumo de agua. En el cultivo de invierno el período crítico para agua se encuentra localizado en el mes anterior a la espigazón, que es cuando los tejidos tienen su máximo crecimiento.

En la región cerealera Argentina los límites invernales térmicos o hídricos que limitan el cultivo de trigo en el país son: el cero de balance hidrológico en el mes anterior a la espigazón, está dado por una línea que partiendo del norte de Santa Fe, va bordeando su límite con Córdoba, el este de La Pampa, el oeste de Buenos Aires y que termina, en el sur de esta provincia.

Quiere decir que en el mes anterior a la espigazón, todos los cultivos que estén al oriente de esa línea tienen satisfechas sus necesidades de agua, ya sea por precipitación o por provisión de la misma por el suelo.

Hacia el este hay un aumento, y se producen hasta un exceso de agua en ese mes, y hacia el oeste hay deficiencia. El límite del cultivo de trigo en la república Argentina está marcado por la línea de  $-25$  mm, o sea que hay 25 mm de deficiencia de agua en el mes anterior a la espigazón.

Esta línea se continúa hasta el norte de la Provincia de Santa Fe, donde se interrumpe, no por falta de agua, sino por una isoterma, la de  $13^{\circ}$  de temperatura media del mes más frío. A mayores temperaturas para el mes más frío, no podrán vernalizarse.

### **CARACTERISTICAS PRIMORDIALES DE LOS CULTIVOS ESTIVALES**

Maíz, soja cáñamo, tabaco, arroz, maní, algodón y girasol.

1) No requieren enfriamiento, por eso su cultivo se realiza en lugares donde el descenso térmico invernal es muy poco acentuado. En los lugares donde los inviernos son intermedios, se superponen las áreas de cultivos invernales y estivales. En la región cerealera Argentina, se superpone, pero el trigo va más hacia el sur y el maíz más hacia el norte.

2) Mínimo de crecimiento alrededor de  $10^{\circ}$  C. para el maíz es de alrededor de los  $12$  o  $13^{\circ}$  C. Al hacer esta caracterización de estos cultivos estivales, tenemos que tener en cuenta, sobre todo, la suma de temperaturas.

3) Tienen gran requerimiento calórico para madurar. Su cultivo se desplaza hacia el Ecuador.

4) No resisten temperaturas inferiores a  $0^{\circ}$ C, por tal motivo su cultivo se realiza en el período libre de heladas, que cuanto mayor sea, más favorable será.

5) El adelanto de la floración se produce con días cortos. Se puede generalizar diciendo que un cultivo invernal florece con días largos y un estival con días cortos.

6) Exigencias de agua. Precisan más agua que los invernales, pro la mayor evapotranspiración. Por ejemplo, en la región semiárida pampeana, se puede cultivar trigo pero no maíz.

El período crítico del maíz está concentrado desde panojamiento hasta la maduración lechosa de los granos. (ES de 30-40 días). La zona maicera tiene en los meses estivales temperaturas medias mayores de 19° C (límite de cultivo).

### **CULTIVOS HORTICOLAS**

Su estudio se hace principalmente con relación a las exigencias térmicas, porque normalmente se hacen con riego. Se agrupan en cultivos de inviernos y de veranos según sus exigencias térmicas.

Los invernales prefieren temperaturas entre 14-18° C y las temperaturas altas del verano las perjudican. Serían los mencionados cultivos de media estación. Dentro de ellos hay cultivos rústicos y otros que son dañados por las heladas.

Entre los rústicos: repollo y plantas similares (crucíferas), espinacas y acelga, que son cultivos para hoja.

Entre los dañados por las heladas: coliflor, brócoli de cabeza, lechuga, zanahoria, apio, arveja, papa. A todos estos los favorecen temperaturas entre 10 y 20° C.

Hay otros cultivos que están adaptados a diversas temperaturas durante el año, pero que no soportan las heladas. Esta adaptación es entre los 13-26° C. en ciertas condiciones toleran las heladas como la cebolla y el ajo.

Otro grupo es el que está desplazado hacia temperaturas elevadas, pero que no soporta temperaturas inferiores a 0°C, y que con cultivos de verano, como los melones, pepinos, zapallo, poroto, tomate, chaucha, ají pimiento, y maíz dulce.

Finalmente, tenemos un grupo de especies hortícolas netamente estivales, que solo se pueden desarrollar cuando la temperatura es suficientemente alta. Es el caso de la sandía, batata, berenjena y variedades de ají pimiento.

Las temperaturas medias estivales durante el período de crecimiento no deben descender de los 21° C.

## **MODALIDAD BIOCLIMATICA DE LOS CULTIVOS PERENNES**

### **a) Criófilos**

### **b) Termófilos**

Criófilos: su característica principal es la exigencia al frío. Esta exigencia depende de la especie, y el manzano es el más exigente, con una necesidad superior a las 1000 horas de frío, también de la variedad, del origen y del año, ya que hay una interferencia de la termofase positiva que puede anular el efecto de la negativa, si no cumple esta exigencia, si no se satisface se produce un proceso fenológico anormal. El proceso normal de estas especies (prototipo: manzano) consiste en un período invernal desprovisto de hojas, sin actividad fenológica visible, pero las plantas están en actividad fisiológica, ya que durante este período satisfacen sus horas de frío. Pasado el período invernal, se produce brotación y floración en primavera.

A partir de estas dos fases, se inician los dos procesos (vegetativo y generativo).

El vegetativo comienza con la brotación, foliación, el alargue de las ramitas en primavera, luego en verano hay poca actividad de crecimiento, hasta llegar el otoño, que comienza el amarilleo de las hojas y su posterior caída, para entrar en el descanso.

El proceso generativo, comienza con la floración, su duración prolongada, dobles floraciones, desvitalización de la planta, caída de yemas y reducido rendimiento.

Todo esto debe tenerse en cuenta para la correcta ubicación de los cultivos en zonas donde puedan satisfacer sus necesidades correctamente.

Por ello, no pueden ubicarse en la región oriental y central del país, ya que la cantidad de frío de los inviernos, no es suficiente.

Por eso deben desplazarse hacia el Occidente y hacia el sur, lo que determina la aparición de dos adversidades, sequía y heladas, (no invernales, pues las invernales las soportan perfectamente por carecer de hojas), pero si las que se producen en el comienzo de la primavera.

Es decir, que tenemos que considerar cuales son los niveles de tolerancia de los cultivos criófilos, en el momento crítico de la floración.



## ESTADO DE DESARROLLO

|           | Yemas cerradas mostrando el color de los pétalos | Plena floración | Pequeños verdes frutos |
|-----------|--------------------------------------------------|-----------------|------------------------|
| Manzano   | - 3,9°                                           | - 2,2°          | - 1,70°                |
| Peral     | - 3,9°                                           | - 2,2°          | - 1,1°                 |
| Duraznero | - 3,9°                                           | - 2,8°          | - 1,1°                 |
| Damasco   | - 3,9°                                           | - 2,2°          | - 0,6°                 |
| Almendro  | - 4,5°                                           | - 3,3°          | - 1,1°                 |
| Vid       | -1,1°                                            | - 0,6°          | - 0,6°                 |

Estas son las temperaturas que pueden resistir durante 30 minutos o menos, en estos estados de desarrollo. Durante el invierno pueden soportar temperaturas de 15 a 20° C bajo cero, pues no hay tejidos tiernos, al comenzar la primavera comienzan a hincharse las yemas y soportan los 7 u 8° C bajo cero. Pero tan pronto la yema, aún cerrada, pero en estado de “pink”, (color de los pétalos rosado), el nivel de resistencia disminuye considerablemente. Hay que destacar además que los valores varían con la especie.

Si bien la resistencia para las cuatro primeras especies es la misma en el primer estado de desarrollo, como la fecha de floración no es simultánea para todos sino que primero florece el damasco, duraznero, peral y manzano, hay más probabilidades de que en una fecha de florecimiento del damasco, las temperaturas sean inferiores que la mínima que soporta según el cuadro, de modo que indirectamente, las más resistentes es el manzano, por ser la última en florecer.

El almendro, que pareciera ser el más resistente, no lo es, porque es la que más temprano florece, por lo que es muy difícil de cultivar en el país con éxito. Con la vid, ocurre lo contrario, porque es tardía.

Estas temperaturas del cuadro son temperaturas tomadas en abrigo meteorológico, que es 1,8 a 2° C mayor que la del aire externo, a la misma altura, o sea que si en - 3° C en el abrigo, a la intemperie es de - 5° C.

Termófilos: la característica de los perennes termófilos es la exigencia de temperaturas elevadas.

O sea que no es necesario que haya una interrupción en el crecimiento, sino que al contrario, cuanto mayor sea el tiempo con temperaturas favorables, mayor será la actividad fotosintética, y por lo tanto, el rendimiento.

Deben preferirse zonas en las cuales no haya interrupción de crecimiento debe considerarse alrededor de los 12 o 15° C como temperatura debajo de la cual no se produce crecimiento.

Si bien el proceso fenológico es de actividad durante todo el año, ya que son de follaje persistente anualmente van renovando por partes su follaje. Normalmente se produce esa defoliación en el momento de la brotación principal en primavera.

Como ejemplo de estos cultivos citaremos al citrus es una especie subtropical, siendo para nuestro país más importante que el ananá o el cacao. Estas últimas no soportan temperaturas debajo de cero grados centígrados, en cambio los citrus tienen resistencia.

La principal fase coincide con la brotación y la floración de primavera. En ese momento, se produce el cuajado de frutos y durante todo el verano continúa su crecimiento para producirse la maduración en otoño, invierno - primavera. Su producción es invernal, pero se prefiere aquellas variedades tempranas y tardías ya que su precio es mayor en el mercado.

Ejemplo: naranjas, en abril o septiembre.

Como el crecimiento y maduración del fruto se produce en verano, es necesaria que la temperatura del verano de la región donde está ubicado el cultivo, sea suficientemente elevada. Por ejemplo: en el sur de Buenos Aires (Mar del Plata), el mandarino produce frutos pequeños por falta de calor en verano.

En el país, este cultivo, está limitado por el centro sur de la Provincia de Buenos Aires (37- 38° de latitud), (isoterma de los 18°C) no sólo por el verano fresco sino por las heladas demasiado intensas.

La limitación en el cultivo de los cítricos se encuentra en la temperatura mínima invernal.

#### RESISTENCIA ESPECIFICA A LA TEMPERATURA DE LOS CULTIVOS CITRICOS

| <b>TEMPERATURA LIMITE</b> | <b>MEDIA</b> |
|---------------------------|--------------|
| Cidrero (cidra)           | 0°           |
| Limatero                  | 0°           |
| Limonero                  | - 2°         |
| Toronja                   | Intermedio   |
| Pomelo                    | Intermedio   |
| Naranja (dulce)           | - 5°         |
| Naranja (agrio)           | - 8°         |
| Mandarino                 | - 8°         |
| Kuncuat (kinoto)          | - 8°         |
| Naranja trifoliado        | - 8°         |

Medias = mínimas absolutas de cada año = mínima anual media

El último no es cítrico sino Poncirus, muy emparentado que se utiliza como portainjerto. El injerto determina un aumento de rendimiento, y el pie es el que da las características de resistencia a frío por lo cual se utiliza esta última especie que es la más resistente, pero esto ocasiona una merma de la calidad.

La primera reacción de la planta ante una helada, es la caída de las hojas. Luego la pérdida de las ramitas de ese año, que son las más tiernas, luego las del segundo, tercero y así sucesivamente, hasta llegar la muerte de la planta.

Lo que normalmente se puede producir en caso de helada es la pérdida total de la cosecha, porque es la parte más sensible al descenso térmico son los frutos, sobre todo mandarina y limones, y los más resistentes los pomelos.

Cuanto más verde está la fruta, mayor es el daño, ya que los frutos cítricos tienen una relación ácidos /sólidos solubles (azúcares), que aumenta el contenido de sólidos a medida que madura, esto le confiere a la planta un descenso del punto crioscópico aumentando la resistencia al frío.

Es muy diferente una localidad que tenga una mínima media anual de  $-2^{\circ}\text{C}$  a otra del país que tenga la misma media. En el H.N. puede esperarse en este caso, una mínima de  $-15^{\circ}$  y  $3^{\circ}$  sobre cero. En el hemisferio sur, con la mínima media de  $-2^{\circ}\text{C}$ , las mínimas podrán ser de  $-3,2^{\circ}\text{C}$  y  $0^{\circ}\text{C}$  o sea:

| <b>Hemisferio norte</b> |                       | <b>Hemisferio sur</b> |                        |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| $-2^{\circ}\text{C}$    | $-15^{\circ}\text{C}$ | $-2^{\circ}\text{C}$  | $-3,2^{\circ}\text{C}$ |
| $-2^{\circ}\text{C}$    | $3^{\circ}\text{C}$   | $-2^{\circ}\text{C}$  | $0^{\circ}\text{C}$    |

En cultivos poco resistentes existe mayor margen de seguridad cuando la variación de la temperatura mínima, que puede ser letal, es menor (H.S.).

Por lo tanto, los cultivos cítricos en el H.N. quedan circunscriptos a la zona marítima, porque la continentalidad determina mayores oscilaciones térmicas.