

EXPERIENCIA PRÁCTICA N° 12

BIOCLIMATOLOGÍA AGRÍCOLA

Bioclimatología agrícola

Rama de la meteorología agrícola que comprende el estudio de las reacciones o comportamiento de las especies agrícolas en el clima donde se realiza su cultivo.

Se la define como la ciencia que estudia la relación entre los fenómenos físicos y los biológicos. Trata de establecer características de las plantas cultivadas, como: tolerancias, exigencias, límites meteorológicos y climáticos, con el objetivo de caracterizar las zonas del planeta donde el clima es apto para el cultivo de determinadas especies de interés económico.

Metodología de la investigación en bioclimatología agrícola

Es una disciplina cuya investigación se realiza en el campo, tratando de explicar la relación de los cultivos, emplazados en distintas localidades, con el complejo bioclimático de esos ambientes, permitiendo conocer el comportamiento fenológico y fenométrico de las especies en el lugar de cultivo.

Los métodos biometeorológicos utilizados por esta disciplina son:

Siembras continuadas a intervalos de tiempo regulares (quincenales) en parcelas experimentales de especies o variedades cuyas exigencias bioclimáticas se deseen conocer, a través de un periodo dilatado del año, e incluye siembras desde otoño a primavera, si es trata de un cultivo invernal o de primavera a otoño si es estival. Cada época de siembra corresponde a una combinación diferente de elementos meteorológicos que actúan sobre los cultivos ensayados, los que determinan diferentes reacciones de las especies en estudio.

Ensayos geográficos. De esta forma se consigue con una sola época de siembra, en distintos localidades, la combinación de distintos elementos meteorológicos.

Siembras continuadas en ensayos geográficos. Es la máxima posibilidad de combinaciones naturales de elementos meteorológicos actuando sobre una especie, con tantas reacciones como épocas de siembra.

Ejemplo: 15 épocas de siembra en 10 localidades distintas = 150 reacciones diferentes del cultivo frente a los elementos meteorológicos, durante su ciclo vegetativo.

Cámaras climáticas. Son instrumentos donde los elementos meteorológicos son simulados y controlados artificialmente, con el fin de estudiar aspectos del crecimiento y desarrollo de un cultivo, a través de las observaciones fenológicas y fenométricas y su relación con los mismos elementos.



Utilización de tratamientos especiales. Durante los ensayos de siembras continuadas o geográficos, pueden combinarse con la aplicación de tratamientos especiales que tiendan a evidenciar la acción de un elemento bioclimático en particular.

Información necesaria para realizar estudios de bioclimatología agrícola:

Observaciones de los elementos meteorológicos y climáticos, provenientes de alguna estación climática cercana al lugar del cultivo.

Dentro de los elementos bioclimáticos podemos distinguir:

Elementos bioclimáticos del desarrollo: denominados elementos anaptígenos. Son aquellos elementos meteorológicos continuos y periódicos que permiten el cumplimiento fásico de un cultivo. Son elementos bioclimáticos para el desarrollo la temperatura, el termoperiodismo, la amplitud y los umbrales fotoperiódicos. Durante el desarrollo de este práctico trataremos en especial el elemento temperatura.

Elementos bioclimáticos del crecimiento, llamados elementos auxógenos. Estos promueven el aumento de la masa vegetativa. Fundamentalmente son la temperatura y el agua.

Observaciones fenológicas y fenométricas. Fechas de ocurrencia de fase, duración de subperíodos y determinaciones cuantitativas (Ej.: diámetro de tallo, altura de planta, número de espigas, número de macollos, área foliar, etc.).

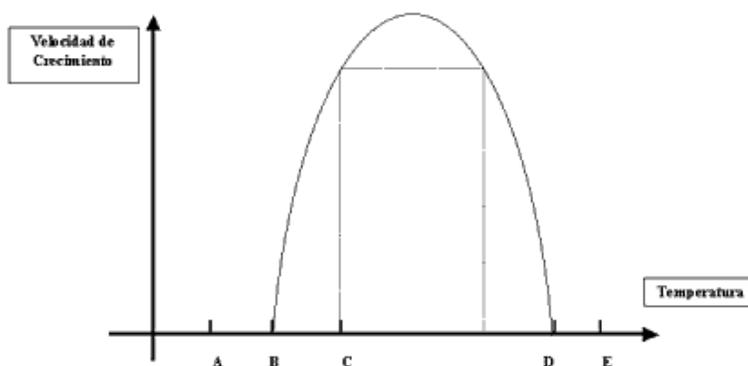
Los datos recopilados se correlacionan con los valores meteorológicos del período de cultivo, a fin de extraer conclusiones de la influencia de estos en el crecimiento y desarrollo, pudiendo determinar las necesidades bioclimáticas para las distintas etapas del cultivo. Estos análisis se realizan por medio de índices bioclimáticos y de rendimiento.

Conceptos de temperaturas óptimas, umbrales y letales para los vegetales

Temperaturas óptimas: valores térmicos más favorables para el crecimiento y desarrollo de un cultivo. Generalmente se define un intervalo de temperaturas óptimas para una especie. Con estos valores de temperatura, la multiplicación celular se halla en su máxima intensidad. La temperatura que se registra en un órgano del vegetal, es la indicada para establecer la temperatura óptima exacta.

Temperaturas umbrales: temperaturas por debajo o por encima de ciertos valores a partir de los cuales el desarrollo morfológico del vegetal comienza a presentar cambios y modificaciones. Los valores son variables, según las especies y variedades de plantas.

Temperaturas letales: son aquellas temperaturas que exceden a aquellas más bajas y más altas que una planta puede tolerar, a partir de ese valor, que depende de cada especie, se produce la muerte del vegetal.



Referencias:

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

B: temperatura vital mínima o umbral térmico inferior.

C: temperatura óptima o rango de temperaturas óptimas.

D: temperatura vital máxima o umbral térmico superior.

E: temperatura letal máxima.

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

La temperatura como un índice biometeorológico

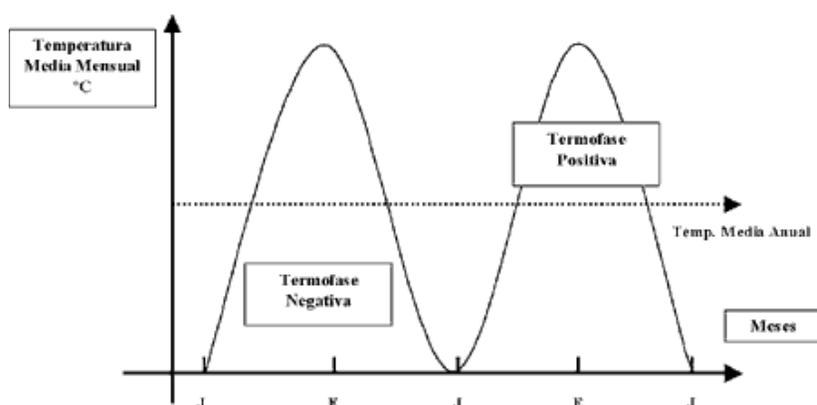
Relaciona el comportamiento de las plantas o cultivos con la marcha de la temperatura del aire. Es una expresión cuantitativa (°C) de la dependencia que tiene el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de los cultivos, la aparición y virulencia de enfermedades y plagas, la eficacia de las prácticas culturales, en relación con la temperatura.

La temperatura como índice agroclimático

Es también una expresión cuantitativa (°C) que permite valorar en forma local, regional o territorial la disponibilidad y la variabilidad de la temperatura del aire. Es un índice simple y de acción individual.

Termoperiodicidad

Debido a los movimientos de rotación y a la traslación terrestre, el goce de radiación recibido en un punto de la superficie terrestre siempre es diferente, por consecuencia la temperatura también es diferente en un período de tiempo considerado. Esta variación regular de la temperatura del aire tiene un efecto marcado en el desarrollo de las plantas. El conocimiento de la variación permite valorar el clima de un lugar en diversos aspectos: climatológico, agrícola, ganadero, geográfico, etc.



Existen tres tipos de variación:

- a)- estacional o anual
- b)- diaria (24 horas)
- c)- aperiódica (varios días)

Todas estas variaciones se caracterizan por presentar dos sectores definidos en el transcurso del tiempo, reciben la denominación de termofase positiva y termofase negativa. La primera termofase corresponde al período más cálido, y la segunda corresponde al período más frío del lapso considerado. La reacción de los vegetales al termoperíodo se denomina: termoperiodismo.

Acción de la temperatura:

Estas variaciones de la temperatura ejercen diversas acciones y efectos sobre los vegetales según la incidencia de la parte positiva (termofase positiva) o negativa (termofase negativa), considerando el crecimiento o el desarrollo de las plantas.

Termofase positiva

Acumulación de temperaturas. Grados día.

El crecimiento vegetal determina una acumulación diaria de materia que conduce al aumento de peso y volumen de la planta, determinando un estado de disposición necesario para pasar a otra fase o estado de su desarrollo. Esta acumulación de materia es el resultado de la fotosíntesis neta y la respiración. Ambos procesos fisiológicos están condicionados por la acción de la temperatura ambiente.

Cuando la temperatura tiene valores que favorecen más a la fotosíntesis y asimilación que a la respiración, se produce una mayor acumulación de materia seca. Cuanto más óptimos sean los valores de temperatura, se incrementará la acumulación. Debido a esta relación se ha considerado que la acumulación de materia seca es sinónimo de acumulación de energía obtenida por la suma de temperaturas.

Un planta o un cultivo en particular, para completar satisfactoriamente su ciclo de vida debe acumular, un determinado número de temperaturas (grados), a estas sumas de temperaturas o de grado días se la denomina constante térmica. Cada vegetal posee un valor propio y fijo, resultado de la suma de temperaturas desde su germinación hasta la completa madurez de la planta.

A los fines de obtener el valor de la constante térmica de un cultivo, se han realizado distintos métodos que se detallan a continuación.

Métodos de cómputos

Método directo

Procedimiento realizado por Réaumur para calcular la constante térmica. Es el se suman las temperaturas medias diarias, con excepción de los valores bajo cero, entre dos límites.

Mensual: se suman todas las temperaturas medias diarias mayores a 0 °C, durante la totalidad de días de un mes determinado.

Anual: se suman todas las temperaturas medias diarias mayores a 0 °C, durante los 365 días del año.

Entre dos fases: se suman todas las temperaturas medias diarias, durante el período entre dos fases como extremos de uno o más subperíodos.

Puede determinarse la acumulación térmica a partir de un nivel, como por ejemplo. 5, 10, 15 o más °C, debido a que algunos procesos biológicos se inician únicamente, cuando se alcanza un nivel térmico adecuado.

Método residual

Las temperaturas medias diarias inferiores a la temperatura base (t_b) de crecimiento no se computan en este método, debido a que las especies agrícolas detienen su crecimiento a temperaturas inferiores a este valor. Para la realización del cálculo se restan a las temperaturas medias diarias el valor de la t_b (cero vital) y luego se suman los residuos obtenidos.

Se lo conoce, también, con la denominación de método de sumas térmicas efectivas o grados-días efectivos.

Método exponencial

En el método mencionado se halla la constante térmica comparando las velocidades de las reacciones físico-químicas a una determinada temperatura, con la velocidad de la reacción correspondiente a 4,5 °C (velocidad unidad). En cada caso el exponente se calcula restando a la temperatura media diaria el valor 4,5 °C y el residuo obtenido se divide por 10 °C. Según esta forma exponencial, la eficiencia de las temperaturas se eleva en forma notable para las temperaturas elevadas. Sin embargo, se ha comprobado, que a partir de las temperaturas óptimas cualquier aumento térmico, no resulta beneficioso sino perjudicial.

Método termofisiológico

La eficiencia de una temperatura se establece comparando la velocidad de crecimiento de una planta de maíz expuesta a esa temperatura, respecto de la velocidad de crecimiento que registra a 4,5 °C (velocidad unidad). Para calcular la constante térmica de un cultivo se sustituye la temperatura media diaria por el índice termofisiológico correspondiente (en tablas especiales), posteriormente se suman todos los índices obtenidos. Este método se basa en experiencias fisiológicas realizadas en un solo cultivo (maíz), en condiciones de uniformidad de temperaturas durante 12 horas y sometida a oscuridad.

Termofase negativa

Concepto de horas de frío

Dentro de las acciones que la temperatura del aire ejerce sobre el desarrollo de los vegetales, se encuentra la acción negativa de la temperatura o la exigencia en bajas temperaturas por parte de los organismos, en algún subperíodo de su desarrollo. Esta acción interfiere en el cultivo de ciertas especies frutales, en regiones con inviernos suaves o muy variados en cuanto a temperaturas. De igual modo impiden el cultivo en regiones de bajas latitudes. Estas exigencias en bajas temperaturas son ya reconocidas desde aproximadamente 1920, cuando Chandler las señala como responsables de la insuficiencia en el rendimiento de ciertos frutales bajo condiciones de inviernos calientes, y a raíz de los trabajos de Yarnell en manzano y duraznero, se comprobó y cuantificó, la cantidad de enfriamiento invernal que requerían ciertos cultivares para poder florecer, fructificar y rendir adecuadamente.

Estos estudios determinaron que las temperaturas de 6° o 7 °C son las determinantes del cese de crecimiento vegetal durante el otoño, antes de iniciar el período de reposo invernal. La forma de cuantificar las necesidades de frío de estos vegetales, se realiza mediante la acumulación o sumatoria de horas de frío, entendiéndose por tal, a todas las horas en que la temperatura del aire permanece por debajo del umbral de 6° o 7 °C. Si bien las temperaturas para el detenimiento del crecimiento son variables para las diferentes especies, se ha generalizado la temperatura de 7°C. Esta exigencia de frío, que manifiestan algunas especies, determinan la denominación de especies criófilas.

Dentro de las especies criófilas perennes se incluyen todos los frutales de carozo y pepita, cuyas exigencias en horas de frío fueron establecidas, llegándose a determinar que el manzano es la especie más exigente dentro de los frutales criófilos.

Para una buena expresión del desarrollo y consiguientemente una buena producción, el manzano necesita que durante el período de reposo o descanso invernal acumule aproximadamente una 1000 horas de frío. Le sigue el peral al que se le pueden asignar, término medio, unas 900 horas

de frío, el duraznero con más de 600 horas de frío. Con menores exigencias se presenta el ciruelo, con 500 o 550 horas para las variedades de ciruelos europeos y un poco menos, 400 a 450 para las variedades japonesas, por ultimo podemos citar al damasco con 300 a 350 horas de frío y al almendro con 200 a 250 horas (muy bajas en exigencias).

Estas cantidades de horas de frío son variables de acuerdo, en primer instancia, al lugar del cultivo, presentándose mayores exigencias en lugares de inviernos más fríos. Varían también de acuerdo a la variedad de cada especie, en general las variedades llamadas precoces o de floración temprana son menos exigentes que las variedades de floración tardía, de forma tal que la época de floración esta inversamente ligada a la exigencia de frío.

Todo este proceso, esta influenciado por la forma en que el invierno provee esa cantidad de frío. Cuando el invierno se presenta con alternancias entre periodos fríos y calientes, la exigencia en frío depende de la continuidad con que se produce el frío durante el periodo de descanso. De cualquier manera, lo cierto es que cuando una de estas especies criófilas sufre un invierno caliente o un invierno donde no se alcanza a completar la dosis de enfriamiento requerido por la variedad, se originan una serie de alteraciones o anomalías de carácter orgánico y fenológicos, que pueden alcanzar a los distintos órganos de la planta.

Calculo de horas de frío

Estimación empleando formulas

Formula de F.S.da Mota

Este autor relaciona el número de horas de frío con la temperatura media mensual de los meses invernales (en grados centígrados). El número de horas por debajo de 7°C se calcula mediante la relación siguiente:

$$Y = 485.1 - 28.5X$$

Y= numero mensual de horas por debajo de 7 °C.

X= temperatura media mensual.

Formula de Weinberger

Este método relaciona el numero de horas con temperaturas por debajo de 7 °C con la temperatura media de los meses de junio y julio.

$$T = \frac{T_{jn} + T_{jl}}{2}$$

T= la media de las temperaturas medias de junio (jn) y julio (jl) para el hemisferio sur.

El número de horas de frío se determina mediante la tabla siguiente:

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| T..... | 13,2 | 12,3 | 11,4 | 10,6 | 9,8 | 9,0 | 8,3 | 7,6 | 6,9 | 6,3 | 5,7 |
| Horas con una T < 7°C..... | 450 | 550 | 650 | 750 | 850 | 950 | 1.050 | 1.150 | 1.250 | 1.350 | 1.450 |

Fórmula de Crossa-Reynaud

En este método relaciona el número de horas por debajo de 7°C y las temperaturas extremas diarias (temperatura máxima diaria y mínima diaria).

$$n = 24 \frac{(7 - T_m)}{(T_M - T_m)}$$

n = numero diario de horas por debajo de 7 °C.

T_M= temperatura máxima diaria

T_m = temperatura mínima diaria

Formula de Sánchez-Capuchino

Emplea la misma relación del método anterior, introduciendo un coeficiente 1.5.

$$n = 24 \frac{(7 - T_m)}{(T_M - T_m)} 1.5$$

Formula de Bidabe

Método demasiado complicado para su aplicación practica, pero de excelentes resultados en trabajos de investigación.

$$H_f = 639 - 33T_m$$

H_f = numero de horas por debajo de 7 °C.

T_m = temperaturas medias mensuales de los meses de invierno.

Cálculo directo utilizando fajas de termógrafo

El método de conteo directo sobre fajas de termógrafo o con datos horarios de una estación meteorológica automática, permite obtener una mayor exactitud en el calculo. Las fajas están confeccionadas en papel reticulado, con trazos horizontales se indican las temperaturas del aire y con trazos verticales (curvos) se indican las horas del día. Las horas de frío comienzan a contabilizarse a partir del momento en que se registran temperaturas inferiores a los 7°C.

Efectos provocados por la falta de horas frío

Cuando ha sido incompleta la acumulación de horas de frío, se observan en las plantas criófilas una serie de alteraciones o anomalías que se manifiestan en las características de la producción que es generalmente baja y muy irregular bajo condiciones de inviernos insuficientemente fríos y muy variados.

- Caída de yemas.
- Retraso en la apertura de yemas y consecuentemente retraso en la maduración de los frutos.
- Retraso en la floración.
- Irregularidades en la brotación.
- Aborto del estilo y alteraciones en el desarrollo del grano de polen.
- Aparición de gineceos múltiples que originan frutos múltiples.
- Alargamiento excesivo del periodo de floración.
- Frutos de distintos tamaños y diferente épocas de maduración.
- En plantas diclinas, impedimento de la fecundación (avellano: las flores femeninas son menos exigentes en frío anticipándose en su apertura con respecto a las masculinas).
- Floraciones tempranas en frutales poco exigentes en horas frío (almendro).
- Segunda floración (manzanos y perales).

La duración del día como elemento bioclimático

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. Este efecto no se refiere a la intensidad de la luz, sino a la cantidad de horas del periodo de iluminación diaria. Según sus exigencias fotoperiódicas, las plantas se clasifican en:

Plantas a día corto: son aquellas cuyo desarrollo se acelera y la entrada en floración se anticipa tanto más cuanto más cortos son los días. Ej. Maíz, soja, arroz, mijo, algodón, tabaco, haba, sésamo, poroto.

Plantas a día largo: son aquellas cuyo desarrollo se acelera y la entrada en floración se anticipa tanto más cuanto más largos son los días. Ej. Cereales de invierno, lino, arveja, vicia, lechuga, espinaca; cuya floración se manifiesta en primavera con los días alargándose.

Plantas indiferentes: no manifiestan exigencia fotoperiódica, siendo capaces de florecer con cualquier duración del día. Ej. Tomate, algunas variedades de girasol.

Nota

Esta guía de Estudio se corresponde con contenidos de la Unidad temática D del Programa Analítico

Pascale, A.J.; Damario, E.A. 2004. Fenología. En: Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Pp. 37-53. Editorial Facultad Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

Pascale, A.J.; Damario, E.A. 2011. XII. Fenología. En: Agrometeorología. Murphy, G.M.; Hurtado, R.H. (eds.). Editorial Facultad de Agronomía. UBA. Pp: 225-293.