



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

TECNICATURA UNIVERSITARIA EN AGROECOLOGÍA Agroclimatología y Agrometeorología

Ciclo biológico de los vegetales

Observación meteorológica

Observación fenológica

Importancia biológica de los elementos del tiempo y el clima: fenología y bioclimatología agrícola

Durante su ciclo evolutivo, a partir del nacimiento hasta su muerte en las plantas anuales, o desde la brotación hasta la maduración del fruto o semilla en las perennes, el vegetal sufre continuas transformaciones de volumen, peso, forma y estructura y, por consiguiente, sus exigencias respecto de los elementos meteorológicos serán distintas según el momento del ciclo en que se encuentra. Estas modificaciones no son graduales ni constantes, por lo que hay momentos denominados **Fases del Crecimiento y Fases del Desarrollo**.

El **crecimiento** de la planta, como el de cualquier otro organismo, es un incremento irreversible de tamaño, generalmente unido, a un incremento del peso sólido o seco y del volumen. El **desarrollo** lo constituyen los cambios en la forma, así como el grado de diferenciación y el estado de complejidad alcanzados por el organismo. Así, el crecimiento es, en términos generales, un proceso cuantitativo relacionado con el aumento en masa del organismo, mientras que el desarrollo es cualitativo y se refiere a los cambios experimentados por la planta.

La periodicidad de los elementos climáticos (temperatura, precipitación, radiación, etc.) trae como consecuencia una periodicidad análoga en la vida orgánica. Los vegetales reaccionan ante los cambios del medio circundante, observándose la aparición o desaparición de órganos (brotes, flores, frutos, etc.), que es una respuesta frente a la acción de los elementos climáticos. La ciencia que estudia estas dos periodicidades es llamada **fenología**.

La **FENOLOGIA** es el estudio de los fenómenos periódicos de los seres vivos como consecuencia de la marcha anual de los elementos meteorológicos, y es considerada como una rama de la Ecología

Aplicaciones de la fenología

- ✓ Investigación biometeorológica de cultivos: a través de la observación de los cambios de apariencia que ocurren en un cultivo (observación de fases), ayuda al conocimiento de las exigencias y tolerancias de las especies desde el punto de vista meteorológico.
- ✓ Conocimiento climatológico: la realización de observaciones fenológicas sobre la vegetación natural realizada a través de los años en diversos lugares, y analizada en función de datos meteorológicos, sirve para realizar caracterizaciones climatológicas regionales.
- ✓ Actividad forestal: las observaciones realizadas sobre especies forestales autóctonas o exóticas, aisladas o en comunidad, son útiles para el ordenamiento y planificación de la explotación forestal, tanto en bosques naturales como implantados. Permite, por ejemplo, planificar épocas de recolección de semillas, realización de tareas como podas o tratamientos fitosanitarios, fijar períodos de peligro de incendio, diseñar cortinas forestales.

- ✓ Pasturas y forrajeras: conocer el ciclo fenológico de las especies forrajeras permite planificar el pastoreo o descanso, así como aprovecharlas en los momentos de máxima oferta nutricional.
- ✓ Fruticultura: permite seleccionar los mejores cultivares según su adaptabilidad a la climatología del lugar y en especies autoestériles o de floración diferenciada, seleccionar los cultivares polinizadores más adecuados.
- ✓ Tratamientos fitosanitarios: el registro de las fechas de aparición y evolución de insectos plagas y sus enemigos naturales, así como la fase del cultivo en que se produce, permite programar tratamientos preventivos y de control de un modo racional, más compatible con el manejo integrado de plagas y enfermedades.
- ✓ Apicultura: conocer las épocas de floración de especies melíferas permite organizar el trabajo en la apicultura, prever la calidad de la miel a producir y planificar la alimentación suplementaria de las abejas en épocas de escasez de flores.
- ✓ Paisajismo: conocer la época de brotación, floración, etc. de las diversas especies utilizadas en parques y jardines ayuda a su planificación y diseño.
- ✓ Aplicaciones médicas: la información sobre floración o aparición de órganos alergógenos de ciertas plantas es útil para el diagnóstico y prescripción a pacientes con problemas de alergias.

La **Bioclimatología agrícola** es una disciplina agrometeorológica que estudia el comportamiento de los cultivos ante el complejo atmosférico o ambiental en su lugar de cultivo. El estudio de estas exigencias meteorológicas, permite como finalidad inmediata conocer la ubicación geográfica adecuada para el cultivo, de manera que se desarrolle en las mejores condiciones.

Cuando se realizan estudios de bioclimatología agrícola se requiere cierta información, como:

Observación de los elementos meteorológicos y climáticos (observación meteorológica): provenientes de estaciones meteorológicas.

Observaciones fenológicas: que consisten en registrar las fechas en que se producen los fenómenos periódicos en la vida vegetal y animal.

OBSERVACIÓN METEOROLÓGICA

La **observación meteorológica** es la medición y determinación, por apreciación visual o mediante instrumentos específicos, de los elementos del tiempo. Para ser válidas y comparables, estas observaciones deben cumplir ciertos requisitos. Las observaciones deben ser realizadas en momentos específicos del día para que puedan ser comparables con otras estaciones de observación. Los horarios establecidos por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) son los correspondientes a la hora de Greenwich¹ (0° 6' longitud Este - hora Z o M UTC). En nuestro país, a esta hora se le deben restar 2 ó 3

¹ Hora de Greenwich: <https://www.datosmundial.com/zonas-horarias/gmt-greenwich-mean-time.php>

horas según la época del año (Meridiano 30° ó 45°). Las observaciones diarias pueden tomarse en forma horaria, cada tres horas, cada cuatro horas, o una vez al día, dependiendo de la finalidad de la estación meteorológica. Las observaciones deben hacerse invariablemente en las horas indicadas y su ejecución en el menor tiempo posible.

La observación meteorológica tiene como fin inmediato la recopilación de datos que, cuando son obtenidos en entidades oficiales, se concentran en el Servicio Meteorológico Nacional para ser depurados y sometidos a diferentes procesos:

Proceso Elemental: obtención de promedios anuales, mensuales, valores diarios.

Procesos Secundarios: determinación de frecuencia, desvíos y cuartiles.

Procesos Terciarios: obtención de tendencias.

Estación meteorológica

Es el espacio donde se realiza la observación meteorológica. En él se encuentran los instrumentos destinados a la medición de los diferentes elementos del clima. Al momento de realizar las observaciones deben registrarse en primer lugar aquellos elementos que varían rápidamente (humedad y temperatura del aire), finalizando con los de menor variación (presión atmosférica).

Las observaciones se denominan directas cuando son realizadas por apreciación visual (visibilidad, nieblas, nubes) o lectura de un instrumento (termómetros, pluviómetro). Cuando los datos quedan registrados en el instrumento (termógrafo, pluviógrafo) se llaman lecturas registradas.

Las estaciones meteorológicas climáticas recopilan datos para el conocimiento del clima de un lugar. Las observaciones se realizan en forma ininterrumpida en registros estadísticos expresando valores medios. Estas observaciones se realizan en horas predeterminadas: 8, 14 y 20 horas ó 9, 15 y 21 horas.

Existen también estaciones meteorológicas especiales, que registran información con fines específicos, como las **estaciones agrometeorológicas**, donde además de datos meteorológicos, se registran datos biológicos, como aparición de plagas o enfermedades, fenológicos (aparición, desaparición y transformación de órganos vegetales), o de incidencia de adversidades climáticas (helada, sequía, granizo). Su finalidad es agrícola y económica.

Emplazamiento de la estación meteorológica

Debe ubicarse en lugares abiertos y despejados, con buena circulación del aire y visibilidad en todas direcciones, alejada de edificaciones que puedan alterar la temperatura del aire y de obstáculos que puedan producir remolinos en el aire, especialmente para la medición de la lluvia y viento. El lugar debe ser representativo de la región a relevar. Tanto la estación como el área circundante deben tener una cubierta de césped, con un área mínima de 10 x 10 hasta 20 x 20 metros, protegida por un cerco perimetral de 1,20 metros de altura. En el hemisferio sur el área debe tener exposición al norte (Figura 1).

Los instrumentos que se utilizan en una estación meteorológica deben ser de fácil manejo, calibrarse periódicamente y homologados por el Servicio Meteorológico Nacional. Para la ubicación de los instrumentos en el predio debe respetarse la siguiente disposición:

- Parte anterior del predio (norte): instrumentos para medición de radiación solar y geotermómetros, para la medición de la temperatura del suelo
- Centro: abrigo o casilla meteorológica, con su base a 1,50 m de altura, paredes a doble persiana, con el techo y el piso de doble pared y las puertas mirando al sur. En el interior del abrigo se coloca el instrumental que miden o registran la temperatura y humedad del aire.
- Parte posterior del predio: se encuentra ubicado el instrumental para registro y medición de la precipitación, torres anemométricas e instrumentos para la medición de la evapotranspiración.



Figura 1. Estación meteorológica

Estación meteorológica automática

La caracterización de los elementos puede también efectuarse en estaciones meteorológicas con equipos electrónicos, presentando ventajas tales como:

- Lectura automática de los parámetros a estudiar, tanto de la atmósfera como del suelo.
- Ubicación en lugares de difícil acceso o en ambientes que no deban perturbarse con presencia humana.
- Alto número de mediciones diarias, obteniéndose valores medios más exactos.
- Pueden operar en tiempo real o diferido
- Permite programar la frecuencia de lectura
- Permite programar funciones para obtener índices que involucran más de un elemento climático a través de fórmulas o modelos (horas de frío, evapotranspiración, grados-día).
- Permite programar representaciones gráficas

Componentes básicos de una estación automática (Figura 2)

1. Consola central de consulta directa y almacenamiento (datalogger)
2. Interfase Sensores-Consola
3. Módulo de comunicación remota
4. Sensores: miden las variaciones de los distintos elementos meteorológicos (temperatura, radiación, precipitación, etc.)
5. Módulo de suministro de energía ininterrumpida
6. Programa de operación remota y utilidades (Software).



Figura 2. Estación meteorológica automática. Estación Experimental Julio Hirschorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP

OBSERVACIÓN FENOLÓGICA

Consiste en el reconocimiento sistemático individual o global de los fenómenos periódicos de los vegetales y el registro de las fechas en que se producen a lo largo del año.

Las observaciones fenológicas se realizan en estaciones fenológicas. Resulta conveniente el emplazamiento de una estación fenológica cada 50 o 100 km² en terrenos llanos, debiéndose aumentar su número cuando el terreno presenta desniveles (regiones montañosas), pues una diferencia de 100 m de altura puede representar una variación fenológica de 100 km o más de distancia horizontal. La cantidad de puntos de observación deberá ser la mayor posible, lo que dependerá del número de observadores.

La Fenología registra la fecha en que se producen las fases. La anotación de la fecha en que se presenta una determinada fase es denominada **Fenodata**. Al cabo de un período más o menos largo (varios años de observaciones) se puede calcular un promedio de estas fenodatas, determinando la fecha media en que se produce tal reacción. Así, para cada lugar de observación se calculan las fenodatas medias normales.

Cuando se dispone de una serie de observaciones correspondientes a varios años, se puede hacer un promedio fenológico general. Si bien para la obtención de un valor medio climático, denominado normal, es preciso disponer de datos correspondientes a 30 años de observaciones según lo acordado en convención internacional, para tener un valor medio en fenología basta con 5 años para logra un valor aceptable y con 10 años se puede considerar que el mismo es real o normal; eso se debe a que el vegetal no reacciona ante un solo fenómeno meteorológico sino ante todo un complejo ambiental que tiene menores variaciones que un elemento en particular.

Las observaciones fenológicas pueden realizarse de distintas formas según las finalidades. En principio se admiten distintas formas de observación según se trate de:

1. Cultivos anuales, con observación condicionada a la fecha de siembra.
2. Cultivos perennes, más independientes de toda práctica cultural.

En cultivos anuales deben observarse con distinto criterio según sean de siembras densas (trigo, lino) o de siembras ralas o en línea (maíz, girasol), donde es posible contar las plantas. Para los cultivos densos el criterio de comienzo de la fase queda determinado por la aparición de los órganos en el cultivo, que se sucede con otros sin interrupción y en aumento.

Observaciones fenométricas

La fenología cuantitativa o fenométrica busca precisar la influencia de los factores externos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas o animales mediante medidas expresadas cuantitativamente (volumen y peso de frutos, número de espigas, porcentajes de azúcares, rendimiento, ganancia de peso). Por extensión se suele incluir dentro de estas observaciones los daños producidos por fenómenos meteorológicos como heladas, granizo.

Definiciones importantes

Para poder realizar observaciones fenológicas, es necesario conocer ciertos conceptos específicos del área:

Fase fitofenológica: es la aparición, transformación o desaparición de órganos en las plantas. Las fases pueden clasificarse como: visibles (floración) u ocultas (germinación). Asimismo, se las puede clasificar como vegetativas (brotación) o reproductivas (floración). La fase se asocia a un cambio en las necesidades o exigencias del vegetal.

La aparición de los órganos correspondientes a una fase, sigue un ritmo que puede representarse con una curva acampanada, casi como una campana de Gauss (Figura 3). Este proceso rige para todas las fases y casi todas las especies. A partir de una fecha, progresivamente van apareciendo diariamente órganos que entran en fase, se llega a un máximo, para luego decrecer.

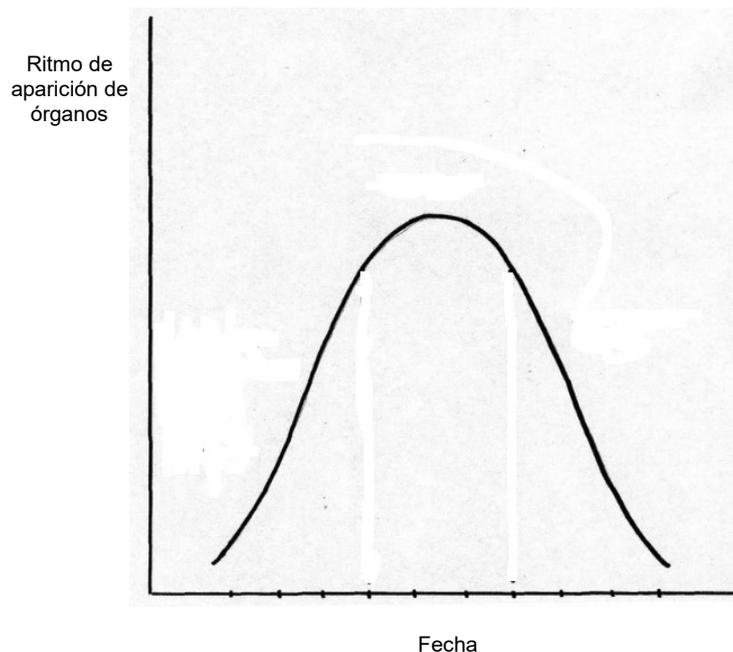


Figura 3. Distribución temporal de la aparición de órganos propios de una fase

Momento de fase: estados o situaciones representativas dentro de cada fase. Pueden identificarse los siguientes momentos: comienzo de fase (C), plenitud de fase (P), fin de fase (F). La etapa comprendida entre dos momentos de una misma fase se denomina sub-momento.

Duración de fase: cantidad de tiempo comprendido entre comienzo y fin de la fase, expresada comúnmente en número de días.

Energía de fase: fuerza, velocidad o vigor con que se produce una fase, en relación al tiempo promedio (días entre comienzo y fin de fase). Una fase se produce con vigor cuando su duración efectiva es menor a su duración promedio. Es un indicador de la forma en que la planta ha satisfecho sus necesidades bioclimáticas. Cuantos menos días transcurran, la planta habrá integrado más adecuadamente los elementos meteorológicos hasta ese momento.

La aparición de los órganos de una fase puede variar su velocidad en función del tiempo, dando formas distintas a esa representación en forma de campana (Figura 4). Es importante para la interpretación de la curva determinar el comienzo, plenitud y fin de las fases, para poder comparar distintas observaciones.

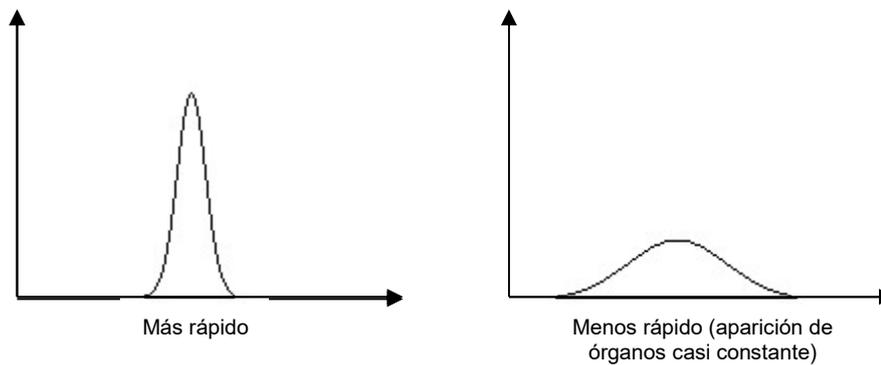


Figura 4. Forma de la curva según velocidad de aparición de órganos

Subperíodos fenológicos: lapso transcurrido entre una fase y otra. Durante el subperíodo, las necesidades o exigencias meteorológicas del vegetal se mantienen invariables.

Anomalia fenológica: todas las fases sufren atrasos y adelantos en relación con el valor promedio de varios años. Es muy raro que la fecha media anual de una fase coincida con la fecha media de gran número de años. Todo valor anual que se aparte del valor medio correspondiente a esa fase, constituye una anomalía fenológica.

Intercepción fenológica: cuando la sucesión de los fenómenos periódicos de los seres vivos sufre una alteración, se produce una intercepción fenológica. Por ejemplo: entre los frutales hay especies que inician la brotación antes de florecer, en tanto que en otras especies ocurre a la inversa; florecen antes de brotar. Si en un año dado se altera esa secuencia, es decir, si en la especie en la cual la brotación es anterior a la floración se produce primero ésta y luego aquella, se tratará de una intercepción fenológica en una misma especie. La intercepción fenológica puede darse también entre especies, por ejemplo: normalmente el peral florece unos pocos días antes que el manzano; si no fuera así, si el manzano floreciera antes que el peral. Otro caso puede darse entre lugares: lo normal es que en Buenos Aires el almendro florezca antes que el duraznero y este antes que el manzano. Si en Tucumán se invirtiera este orden y por ejemplo floreciera el duraznero antes que el almendro, es un caso de intercepción fenológica entre lugares geográficos.

Como se mencionó previamente, a partir relacionar la información obtenida de observaciones meteorológicas y fenológicas se pueden realizar estudios de **bioclimatología agrícola**. El objetivo principal de la bioclimatología agrícola es conocer las exigencias y tolerancias meteorológicas de los cultivos, y fundamentalmente cuantificarlas, poder dar los valores numéricos a esas exigencias y tolerancias. Estos valores numéricos se denominan **equivalentes meteorológicos**. Son ejemplos de equivalentes meteorológicos: mm de precipitación (equivalente pluviométrico), o los grados de temperatura (equivalente térmico), que separan situaciones normales de anormales. Es decir, condiciones de precipitación o temperatura que pueden producir buen desarrollo y rendimiento, de aquellas que, ya sea por deficiencia o exceso de algún elemento resultan perjudiciales para el normal desarrollo y rinde del cultivo.

Exigencia, necesidad o requerimiento: calidad o magnitud de la condición meteorológica general, o de algún elemento en particular, que resultan indispensables para el cultivo pueda cumplir adecuadamente su ciclo evolutivo.

Tolerancia: expresa el grado en que los cultivos son capaces de soportar, sin mayores daños, ciertas manifestaciones en la magnitud de los elementos meteorológicos actuantes, hasta un valor extremo que es el "límite crítico".

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**.

Por otra parte, el **agroclima** es el conjunto de condiciones climáticas de un lugar que definen la posibilidad y desarrollo de determinadas actividades agropecuarias. Así, a partir de variables climáticas que separan las distintas condiciones del clima con respecto a diferentes tipos de explotaciones pueden determinarse regiones productivas, como se verá más adelante.

Las necesidades de índole meteorológica son distintas para el crecimiento y 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 la vida, las exigencias para el desarrollo cambian, a veces fundamentalmente, entre fases fenológicas.

Aquellos elementos meteorológicos o climáticos que manifiestan acción sobre los fenómenos vitales de las plantas se llaman **elementos biometeorológicos o bioclimáticos**.

Los elementos bioclimáticos pueden separarse en:

Elementos bioclimáticos para el crecimiento (auxógenos): humedad de suelo, balance hidrológico (balance de agua en el suelo), temperatura.

Elementos bioclimáticos para el desarrollo (anaptígenos): duración del día, temperatura (considerada como acumulación de calor o de horas de frío), las amplitudes térmicas anuales y diarias.

Elementos que producen daño (tanatoclimáticos): todos aquellos elementos extremos que produzcan daño en los cultivos

Las exigencias meteorológicas del vegetal varían en forma notable según el momento de su evolución, por lo que se hace imprescindible dividir su vida en varias etapas o subperíodos, como se vio en fenología agrícola. Esta división permite identificar en el ciclo evolutivo del vegetal:

Período crítico: 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. Como período crítico para agua se puede mencionar la germinación, la tuberización en papa, el momento previo a la espigazón de los cereales, el momento en que los frutos de los cereales comienzan a aumentar de volumen; mientras que los períodos críticos para temperatura son todos aquellos en que el vegetal tiene tejidos tiernos.

Período de latencia: período o subperíodo del ciclo evolutivo en que la sensibilidad a uno o varios elementos meteorológicos es mínima. Por ejemplo, los cereales que se mantienen durante el invierno al estado de hojas o los frutales de hoja caduca que tienen su período de descanso desprovisto de follaje durante el invierno son insensibles a las variaciones térmicas y pueden soportar temperaturas muy bajas.

Por otra parte, el pasaje de una fase de desarrollo a otra sucesiva exige que se satisfagan dos condiciones:

Disposición: 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). Por ejemplo, los frutales criófilos (de hojas caducas), durante su periodo de latencia, deben estar expuesto a una determinada cantidad de horas con temperaturas más bajas que 7 °C (horas de frío) (variable según la especie), si esto no sucede, la floración no se produce normalmente o se retrasa.

Estímulo: agente meteorológico, de actuación breve, que posibilita la iniciación de la fase siempre que la planta esté dispuesta. Una vez que la planta ha satisfecho sus exigencias, la fase no se produce si no se produce un determinado umbral térmico, de horas de luz o hídrico, que debe cumplirse para que se produzca la fase. Por ejemplo, las especies forestales del norte del país no brotan hasta no alcanzar el nivel térmico adecuado. Por ejemplo, las tipas en Buenos Aires no brotan hasta diciembre, dada la necesidad de la planta de llegar al umbral térmico necesario para que la fase de brotación se produzca. Todas las otras condiciones pueden estar satisfechas pero el nivel térmico (umbral) recién se alcanza en Buenos Aires, en diciembre.

Modalidad bioclimática de los cultivos

Si bien no es posible hacer una delimitación exacta respecto a las exigencias y tolerancias bioclimáticas por grupo de cultivo, sí puede establecerse una tendencia general acerca de qué requieren para satisfacerlas.

La primera división que se puede realizar es en plantas anuales y perennes, cuya diferenciación está dada por 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 año tras año, para acomodarlas a las condiciones particulares de cada ciclo.

Plantas anuales

Plantas invernales: incluye a algunos de los principales cultivos del país como trigo, avena, cebada, centeno, lino, legumbres de grano, arveja, haba, garbanzo, lenteja.

Plantas estivales: maíz, sorgo, mijo, girasol, soja, algodón, maní, cáñamo, tabaco.

Plantas de media estación: en las especies de este grupo no son los granos ni los frutos los que se utilizan como producción agrícola, sino que son las raíces o tallos engrosados, y hojas. La floración de estas especies se produce a expensas de las sustancias de reserva que son las que se utilizan para la producción de los órganos cosechables. Por lo tanto, todas aquellas condiciones climáticas que favorezcan la floración están perjudicando su producción. Estas especies prosperan bien en sitios donde hay largos periodos con niveles térmicos de 10 a 20 °C. Entre estas especies, se encuentran: papa, remolacha, zanahoria, coliflor, cebolla, espinaca.

Características generales de los cultivos invernales

- Requieren enfriamiento en los primeros estados de crecimiento, aunque cada especie requiere un enfriamiento diferente y dentro de cada especie, también cada variedad.
- El mínimo de crecimiento se encuentra alrededor de 5 °C, siendo cultivos que pueden extenderse hacia elevadas latitudes.
- Bajo requerimiento calórico para madurar. Al bajo nivel térmico requerido para el crecimiento (5 °C), se suma una baja exigencia de temperatura para madurar. Ello indica que los cultivos pueden acercarse hacia los polos.
- Son más o menos resistentes a temperaturas inferiores a 0 °C.
- Adelantan el desarrollo con días largos
- Las exigencias en agua de los cultivos invernales son inferiores a los estivales. A menor temperatura menor evaporación, y por lo tanto consumo de agua.

Características generales de los cultivos de verano

- No requieren enfriamiento, realizándose en lugares donde el descenso térmico invernal es muy poco acentuado.
- Mínimo de crecimiento alrededor de 10 °C. Al hacer esta caracterización para cultivos estivales, debe tenerse en cuenta, especialmente, la suma de temperaturas.
- Tienen gran requerimiento calórico para madurar. Su cultivo se desplaza hacia el Ecuador.
- No resisten temperaturas inferiores a 0 °C, por lo que su cultivo se realiza en el período libre de heladas, que cuanto mayor sea, más favorable será.
- El adelanto de la floración se produce con días cortos.

- Exigencias de agua más marcadas que en los invernales, por la mayor evapotranspiración.

Cultivos hortícolas²

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 y 18 °C, siendo perjudiciales las altas temperaturas del verano (cultivos de media estación). Dentro de ellos hay cultivos que resisten heladas, como repollos y otras crucíferas, espinacas y acelga (cultivos para hoja) y otros que son dañados por las heladas: coliflor, brócoli, 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 (13 a 26 °C), pero que no resisten heladas, salvo ciertas excepciones como la cebolla y el ajo.

Otro grupo de hortalizas son cultivos de verano. No soportan temperaturas inferiores a 0 °C: melón, pepino, zapallo, poroto, tomate, chaucha, pimiento, maíz dulce. Hay un grupo de especies hortícolas netamente estivales, como la sandía, batata, berenjena y variedades de pimiento, para las durante el periodo de crecimiento la temperatura no debe descender de 21 °C.

Modalidad bioclimática de los cultivos perennes

Criófilos: su característica principal es la exigencia en frío, que depende de la especie.

El proceso normal de estas especies (prototipo: manzano³) consiste en un período invernal desprovisto de hojas, sin actividad fenológica visible, pero en actividad fisiológica (satisfacción de horas de frío). Pasado el período invernal, se produce brotación y floración en primavera. A partir de estas dos fases, se inician los 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

² Más información: Garbi, M. 2021. Fenología y bioclimatología de los principales cultivos hortícolas. En: Producción hortícola periurbana. Aspectos técnicos y Laborales. Martínez, S.; Carbone, A. & Garbi, M. Coords. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120969>

³ Actualmente, por mejoramiento genético se han obtenido cultivares de manzano con menor requerimiento en frío invernal, ampliando la posibilidad respecto a áreas de cultivo. Fenoy, J.L. 2015. Producción de manzanas en el centro norte entrerriano. Resultados de 10 años de observaciones. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_produccion_de_manzanas_en_el_centro_norte_de_entre_rios.pdf

Alayon Luaces, P.; Rodríguez, V. 2010. Análisis fenológico de cultivares de manzana (*Malus domestica* Borkh.) de bajo requerimiento de horas de frío en el San Luis del Palmar (Corrientes). Agrotécnica 20 (2010): Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/334-848-1-PB.pdf>

amarilleo de las hojas y su posterior caída, para entrar en el descanso. El proceso generativo comienza con la floración, fructificación y maduración de los frutos.

La inadecuada satisfacción de horas de frío (horas con temperatura por debajo de 7 °C) produce duración prolongada de la floración, dobles floraciones, desvitalización de la planta, caída de yemas y reducido rendimiento.

Termófilos: la característica de los perennes termófilos es la exigencia de temperaturas elevadas. No es necesaria una interrupción del crecimiento, sino que cuanto mayor sea el tiempo con temperaturas favorables, mayor será la actividad fotosintética, y por lo tanto, el rendimiento.

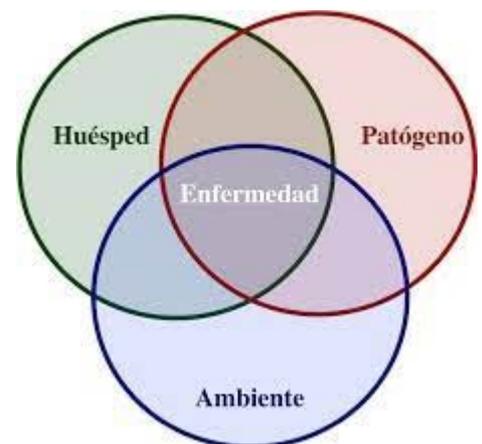
Deben preferirse zonas en las cuales no haya interrupción de crecimiento, considerando que esto puede ocurrir con temperaturas inferiores a 12 a 15 °C. La planta presenta actividad durante todo el año, siendo de follaje persistente, aunque anualmente van renovando por partes su follaje. Normalmente se produce la defoliación en el momento de brotación principal en primavera.

Como ejemplo de estos cultivos están los cítricos (*Citrus* sp.), especies subtropicales, que en la Argentina son más importantes que el ananá o el cacao. Estas últimas no soportan temperaturas debajo de 0 °C, en cambio los cítricos tienen resistencia. La fase principal (cuajado de los frutos) coincide con la brotación y la floración de primavera. Durante todo el verano continúa el crecimiento de los frutos, por lo que es importante que durante este periodo la temperatura sea suficientemente elevada. En el país, la producción de cítricos está limitado por el centro sur de la provincia de Buenos Aires (37- 38° de latitud) (isoterma de 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. Entre las especies con menor tolerancia se encuentra el limonero (-2 °C), seguida por el naranjo dulce (- 5°C) y mandarinos (- 8 °C).

TIEMPO Y ADVERSIDADES BIÓTICAS EN LAS PLANTAS⁴

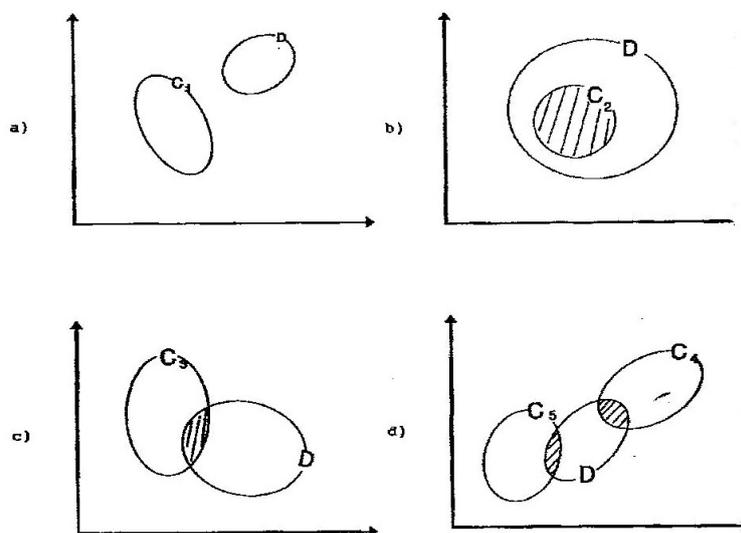
Los elementos climáticos también inciden en los distintos procesos que llevan a la manifestación de una enfermedad o ataque de los insectos, siendo fundamental conocer qué estadios pueden ser de importancia en el ciclo de desarrollo de los agentes biológicos adversos y cuáles pueden actuar sobre procesos normales de dichos estadios.

La interacción PATOGENO - AMBIENTE- HUESPED es tan compleja que suele ser muy difícil determinar cuál de ellos es el factor principal.



⁴ Elaborado por la Dra. Susana Martínez. Profesora Titular Climatología y Fenología Agrícola. FCAYF, UNLP.

En la manifestación de una adversidad biótica existen relaciones básicas con el ambiente, pudiendo darse los siguientes casos (Figura 5), que deben tenerse en cuenta para el pronóstico de la manifestación de la adversidad:



Fuente de la imagen. Castillo, F.E.; Castellvi Sentis, F. 1996. Agrometeorología. Ediciones Mundi-Prensa.

Figura 5. Relaciones básicas enfermedad-clima

a) **No favorable para la enfermedad:** C_1 no cubre el medio favorable (D) para la enfermedad.

b) **Siempre favorable para la enfermedad:** el clima (C_2) cae siempre dentro del medio favorable para la enfermedad

En estos casos (a y b), el pronóstico es prácticamente innecesario, porque las enfermedades nunca o siempre se van a producir, respectivamente.

c) **Favorable durante una parte del año:** el clima (C_3) es favorable durante una parte del año

d) **Favorable a la enfermedad en ciertas épocas:** dos climas distintos favorables para la enfermedad en diferentes momentos (C_4 , C_5)

Las condiciones descritas se refieren al microclima del cultivo, es decir, a las condiciones climáticas en la parte aérea de la planta (canopeo), y la información meteorológica de la que se dispone comúnmente es la del abrigo meteorológico. Sin embargo, puede ser orientativa.

Avisos, alarmas y pronósticos

Aviso: según el desarrollo anual de los elementos meteorológicos, se puede anunciar la posibilidad de la iniciación de una enfermedad o parásito. Es una información previa que se da al agricultor sobre las condiciones ambientales que pueden coincidir con la incubación de la enfermedad.

Boletín de alarma: generalmente es dado por fitopatólogos, consiste en la comunicación del ataque de un insecto o enfermedad por primera vez en ese año en algún lugar del área. A diferencia de la alarma, se trata de un hecho concreto, y no una posibilidad.

Los servicios de alarmas de plagas y enfermedades se basan en los pronósticos de las mismas.

El **pronóstico** es el conocimiento con antelación de los plazos y niveles de población y daños producidos por las plagas con el fin de poder adoptar medidas. Los pronósticos pueden ser a largo, mediano o corto plazo.

En la Argentina existen alarmas para las siguientes enfermedades y plagas, habiéndose implementado un mecanismo de coordinación entre estaciones agrometeorológicas y productores, quienes confeccionan sus mapas de muestreo con las capturas. Los pronósticos se envían a través de los medios de comunicación con el objetivo de iniciar los tratamientos en el área de aparición de la plaga o enfermedad

Enfermedad o plaga	Condiciones ambientales
Tizón tardío de la papa	Reglas de Beaumont (temperatura no inferior a 10 °C, HR no inferior a 75 % durante 48 h)
Sarna del manzano	Normas Mills (N° de horas de humedad foliar, temperatura durante ese período)
Peronospora de la vid	Lluvia no < 10 mm en 24 h y temperatura mínima no < 10°C (vides de alarma en lugares más bajos)
<i>Botrytis cinerea</i> (podredumbre gris)	Racimos mojados por 15 h con temperatura media de 15 °C
<i>Carpocapsa pomonella</i> (gusano del manzano y peral)	250 GD (sumados a partir del mes que la temperatura media diaria supere 10 °C, con captura de mariposas (adultos) en trampas de feromonas)
<i>Grapholita molesta</i> (gusano del brote del duraznero)	320 GD, temperaturas > 7,2 °C Brotos de 10 cm Trampas de cebos atractivos

Bibliografía:

Garabatos M. 1991. Temas de Agrometeorología. Tomo 2: Elementos climáticos que incitan el crecimiento y los fenómenos periódicos de las plantas verdes. Buenos Aires, Argentina: Edición del Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica. 210 pp. *Biblioteca Central*.

Murphy, G.M. y Hurtado, R.H. (Eds.). Agrometeorología. Buenos Aires, Argentina: Editorial Facultad de Agronomía.

CIREN CORFO. 1989. Publicación CIREN N° 85. Requerimientos de clima y suelo. Disponible en: <https://research.csiro.au/gestionrapel/wp-content/uploads/sites/79/2016/11/Requerimientos-de-clima-y-suelo.-Chacras-y-hortalizas-1989c.pdf>.