

## ESTADOS FENOLÓGICOS TIPO DE PRIMAVERA EN FRUTALES DE HUESO Y PEPITA

Juan Antonio de Cara García (Servicio de Aplicaciones  
Agrícolas e Hidrológicas del INM)

Carlos Ruiz López (Departamento de Biología Vegetal EUIT Agrícola, UPM)

El ritmo estacional termométrico del clima de la mayor parte de la península Ibérica, con un periodo frío y otro cálido, hace que los árboles frutales presenten dos periodos anuales claramente definidos: el de *reposo invernal* y el de *actividad vegetativa primaveral-estival*.

Durante el periodo de reposo invernal, el árbol no presenta una actividad vegetativa apreciable, es decir, no se observa en él ni crecimiento, ni desarrollo. Además, si se trata de un caducifolio, se presenta sin hojas.

A finales del invierno o comienzos de la primavera, comienzan a realizarse de forma intensa todos los procesos fisiológicos que originan un crecimiento en grosor y longitud de ramas y de tronco, y la aparición sucesiva de diferentes estados morfofisiológicos relacionados con el desarrollo. Así, yemas, brotes, hojas, flores y frutos, se van modificando y pasan por estados de diferente aspecto: los *estados fenológicos*. Es importante definir con detalle estos estados, ya que en cada uno de ellos, la planta tendrá diferentes requerimientos ambientales y será sensible a diferentes valores de las variables meteorológicas.

El primer síntoma externo apreciable de que la actividad vegetativa ha comenzado es la hinchazón de las yemas, a partir del estado de yema invernal. En la mayoría de las especies, este proceso comienza en las yemas florales, antes que en las foliares o en las del crecimiento de las ramas (que darán lugar a la *metida anual*). Las escamas y brácteas protectoras de la yema, se separan paulatinamente, y entre ellas aparece la *borra* (recubrimiento denso de pelos ásperos y entrecruzados) y zonas de coloración clara. Este cambio en la morfología externa de las yemas se llama *desborre*. A partir del desborre, la evolución de las yemas florales, foliares o de madera es diferente, siguiendo a la brotación distintos procesos según el tipo de yema (floración-fructificación, foliación y metida anual). Tras finalizar la floración y producirse la polinización, germinación del grano de polen (una vez fijado sobre el estigma), crecimiento del tubo polínico y fecundación; suceden las primeras divisiones celulares y el pequeño fruto alcanza el estado fenológico de *cuajado*. Este estado tipo se distingue por el aspecto vivo del ovario, algo hinchado, algo húmedo y de cubierta que empieza a tener la textura y color propio de la fruta que surgirá de él; en contraposición a los ovarios que empiezan a marchitar. Seguidamente seguirá el desarrollo del fruto hasta la maduración y posterior caída, si no ha sido recogido por los agricultores. Por otra parte, el crecimiento de primavera se detiene por altas temperaturas o por sequía fisiológica durante la denominada *parada estival*, hasta que al volver las condiciones adecuadas se inicia la etapa de *rebrote otoñal* que dará un segundo crecimiento hasta que se produzca la parada otoñal o comienzo del periodo de reposo invernal. Todos estos estados tipo de la primavera, en especial los de la floración y primeras fases de la fructificación, son muy delicados por su sensibilidad a las bajas temperaturas y otras inclemencias del tiempo (viento, lluvias fuertes o granizo).

En cualquier estado tipo, se puede considerar que el árbol, el cultivo o la población en una localidad o estación, se encuentra en un estado inicial (si se observa en un 20% del árbol o de los individuos), de plenitud (si se aprecia en un 50%), o final (si se estima que se ha producido en un 80%).

Es muy importante en la fenología de frutales conocer la variedad de cultivo, ya que por selección artificial, según criterios fundamentalmente geográficos, climáticos y de mercado, se ha llegado a obtener ciclos muy distintos dentro de la misma especie.

### **BROTACIÓN (Desarrollo de las yemas):**

Desde el estado de yema invernal o en letargo, se sigue la evolución del «desarrollo de las yemas foliares» incluso hasta que se hacen visibles los ápices verdes (estadio de «punta verde»). También se sigue el desarrollo de las yemas florales, durante las fases de la «aparición del órgano floral», hasta que los pétalos forman una bola hueca (estadio de «balón»). En el caso de las yemas de madera, hasta que comienza a crecer longitudinalmente el brote terminal (estas fases de yema terminal de madera y crecimiento de la metida anual no son muy interesantes de observar con fines agroclimáticos, por su dificultad e imprecisión).

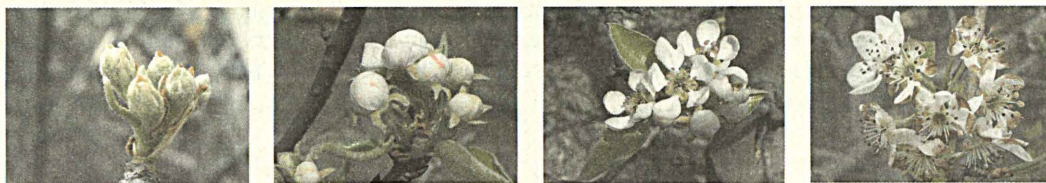
En los comienzos de esta fase, para comprobar si se ha iniciado la brotación se puede cortar una ramita con una navaja y si hay actividad vegetativa rezumará o se apreciará tierna y húmeda. En general las yemas de flor son más abultadas, o redondeadas que las de hoja o tallo, que son algo más alargadas. También en general, en las especies de caducifolios de clima templado, brotan antes las yemas de flor que las de hoja o de metida anual.



*Brotación en peral.*

### **FLORACIÓN (Desarrollo de las flores):**

Se considera que se ha producido la floración cuando se presenta la flor bien abierta con sus estambres y pistilo visibles (Se considera el proceso de aparición del órgano floral, como una fase previa a la floración, con algunos estados tipo característicos como: hinchado, oreja de ratón, yema verde, yema roja y estadio de balón). El periodo de floración en un árbol, cultivo o localidad, comprende el espacio de tiempo que va desde la apertura de las flores más tempranas hasta la marchitez de las más tardías. Se debe observar y describir desde que aparecen las primeras flores abiertas, hasta que se encuentran todos los pétalos caídos. Tras pasar por la plena floración (alrededor del 50% de las flores abiertas) y un estado general de marchitez (la mayoría de los pétalos caídos).



*Formación del órgano floral (hinchado y balón), flores abiertas y marchitez, en peral.*

### **FOLIACIÓN (Desarrollo de las hojas):**

Se observan los estados posteriores al de «punta verde». Las hojas comienzan a separarse, abrirse y desplegarse, hasta ir alcanzando su tamaño varietal final. Se considera que se ha producido la floración cuando la hoja presenta la superficie superior bien visible y el aspecto de la planta en la lejanía presenta en su conjunto un tinte verdoso.



*Desarrollo de las hojas en peral.*

### **FRUCTIFICACIÓN (Proceso de formación del fruto):**

En las angiospermas se trata de la conversión del ovario en fruto. Se debe observar y describir la morfología desde el crecimiento del ovario fecundado y cuajado del fruto (o la caída de los ovarios no cuajados), hasta que el fruto alcanza el tamaño final típico de su variedad. A la fructificación sucede la fase de **maduración** que se caracteriza por el comienzo y progresión de las características de coloración y sabor típicas de la fruta madura; la maduración en general es una fase con estadios típicos de verano-otoño.



*Cuajado e inicio del desarrollo del fruto en peral.*

## CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA OBSERVACIÓN Y EL CODIGO BBCH

En agricultura, botánica aplicada, agroquímica y meteorología agrícola se usan los diferentes estados de desarrollo de las plantas con diferentes fines. La relación entre estas disciplinas, así como el trabajo para proyectos internacionales, hacen necesario el uso de un método común de observación. El código BBCH fue elaborado en Alemania con esta intención por diferentes especialistas y, aunque algo complejo, su uso se está generalizando para el estudio de la fenología y sus aplicaciones a la agricultura y a la climatología. Los estadios principales (brotación, foliación, fructificación, maduración, caída de la hoja) no son adecuados para definir fechas de evaluación, porque identifican tiempos amplios en el curso del desarrollo de las plantas. Por ello se usan los estadios secundarios, para describir con precisión fases cortas del desarrollo de las plantas.

El código BBCH fundamenta la descripción de un estadio fenológico en las características observables en una planta individual. Si la escala se utiliza para describir el estado de desarrollo de una población de plantas, se deben encontrar en un cierto estadio al menos el 50% de los individuos. En el Servicio de Aplicaciones Meteorológicas del INM, se recomienda hacer la evaluación fenológica de un individuo observando las ramas principales, sobre todo en su tercio terminal; además, hay que elegir ramas con orientación a los cuatro puntos cardinales. Por otra parte, es interesante la recomendación que se hace en las Normas e Instrucciones para las Observaciones Fenológicas (INM, 1986) que dice que: «cuando se describe una fase en un individuo vegetal deberá de apreciarse el fenómeno al menos en la tercera parte de la planta».

Pensamos que para estudios del clima puede ser muy interesante detectar la fecha de ocurrencia de algunos de los primeros estadios secundarios de cada estadio principal; mientras que el seguimiento de todos los estadios tipo secundarios será importante en el caso de la agrometeorología aplicada; no obstante, si se puede siempre será mejor también para los estudios del clima, realizar la observación de los estados secundarios intermedios, aunque la extrapolación geográfica, normalmente será mucho más compleja. En cualquier caso, si en base a observaciones de árboles aislados, o de parcelas concretas, se pretende describir el estado agroclimático de un espacio geográfico, del que consideramos que pueden ser representativas las diferentes observaciones, siempre habrá que recurrir a dar una fecha «relativamente a estima».

En el Servicio de Aplicaciones Agrícolas e Hidrológicas, estamos tratando de adaptar fundamentalmente la publicación de Uwe Meier que describe el código BBCH, la cual a su vez se basa para los frutales de hueso y de pepita en Meier et al., 1994 y para la vid en Lorenz et al., 1994. Además, nosotros también consideramos las descripciones, hasta ahora más conocidas por los agrónomos españoles, de Fleckinger (1965 y 1967) para los frutales de hueso y pepita, y las de Baggiolini (1952) para la vid. Estamos fotografiando y describiendo, en colaboración con personal de la Escuela de Ingeniería Técnica Agrícola de la Universidad Politécnica de Madrid los estadios tipo según el código BBCH, con observaciones y trabajo de campo realizado en los Campos de Prácticas de la ETSI Agrónomos de Madrid complementado con algunas salidas de observación y recogida de material por distintas zonas de la Comunidad Autónoma de Madrid.

## Fotoperiodo y control hormonal

Las distintas fases fenológicas son respuestas ecofisiológicas basadas en procesos bioquímicos que responden a cambios en el ambiente físico relacionados con ritmos estacionales. En el caso de las plantas, el desarrollo se puede definir como una secuencia de eventos fenológicos que constituyen su ciclo de vida, de forma que cada fase se caracteriza por morfologías y procesos fisiológicos distintos; además, en los vegetales hay cambios en la distribución de la producción de masa entre sus distintos órganos. La mayor parte de los fenómenos observados en fenología siguen ciclos anuales y se aprecia que ocurren cada año por la misma época pero en fechas concretas normalmente distintas. El factor fundamental que influye en la fenología de las especies es el **fotoperiodo** o duración relativa del día y la noche, el cual sirve para reconocer de forma fidedigna la época del año, pero a su vez éste es modulado por variables climáticas como: temperatura, precipitación, insolación o humedad relativa y climático-edáficas como la humedad del suelo. Por ello, el curso anual del tiempo atmosférico sirve para concretar las fechas en las que se inician los mecanismos fisiológicos u hormonales. En cuanto a los requerimientos de luz diurna para que se inicien los procesos de floración y fructificación se distinguen plantas de día largo, de día corto e indiferentes.

En los vegetales, el control fotoperiódico de las distintas fases fenológicas se lleva a cabo por un mecanismo que es independiente de la temperatura: la fotoconversión del fitocromo. Se considera que las hormonas reguladoras implicadas en el desarrollo y crecimiento son la auxina, las giberelinas, las citoquininas, el etileno y el ácido abscísico. En la actualidad se piensa en algunos posibles modelos de control hormonal múltiple, con integración de todas estas sustancias, además lo más probable es que existan hormonas por descubrir. Uno de los procesos más importantes por sus implicaciones en la producción de fruta, es el de la floración. Según los estudios realizados en frutales tanto caducifolios de clima templado como subtropicales, parece que la floración es inducida por el stress que producen las temperaturas bajas y la sequía; la putresina es la sustancia que determina la inducción de una yema floral y las giberelinas son las sustancias que modulan este proceso. Las giberelinas no afectan al número de flores, sino que tienen un efecto de «todo o nada» sobre la brotación de las yemas; además es posible que las citoquininas y la auxina tengan algún efecto indirecto en la floración.

## Influencia de la temperatura en el desarrollo de las plantas

En el siglo XVIII los fisiólogos vegetales observaron que las temperaturas elevadas hacen que las plantas de una determinada especie pasen por las distintas fases de su desarrollo más rápidamente, a igualdad de otros factores, además era conocido por la gente de campo que la floración y la fructificación de los vegetales son favorecidas por la luz y el calor. En las regiones templadas y frías, las plantas entran en un estado de reposo vegetativo invernal, que tiene relación con las temperaturas umbrales características para cada especie por debajo de las cuales no se experimenta un crecimiento sensible al reducirse notablemente el metabolismo. Por otra parte, la respiración aumenta con la temperatura, por lo que se puede alcanzar un umbral por encima del cual sea superior la pérdida por respiración a la ganancia por fotosíntesis, con lo que se detiene el crecimiento. Entre ambos umbrales se encontrará una temperatura óptima para el crecimiento característica de cada especie vegetal, o mejor aún una temperatura óptima diurna y otra nocturna.

Existen modelos generalmente simples que permiten cuantificar la tasa de desarrollo de una planta en función de la temperatura. Los métodos más sencillos se basan en una relación lineal entre el desarrollo y las temperaturas por encima de un valor umbral y hasta alcanzarse unas temperaturas elevadas, generalmente alrededor de los 35° C. en torno a las cuales la velocidad se ralentiza y puede llegar a detenerse. Se suele usar la fórmula de De Candolle (1885), la cual suma día a día los grados que sobrepasa la temperatura media diaria a una umbral (cuando ello sucede), éstos son los **grados-día (G.D.)**. La acumulación de grados-día o **integral térmica** para que se inicie la brotación o la floración es característica y aproximadamente constante para cada especie. Posteriormente Nuttonson (1948) incorpora una corrección para considerar la duración de la luz diurna. Con estas sencillas fórmulas se puede predecir dentro de ciertos límites la ocurrencia de un determinado evento fenológico. Ello es muy utilizado para la toma de decisiones en arboricultura frutal.

Muchas de las especies que viven en zonas templadas tienen un termostadio frío, que se conoce con el nombre de **vernalización** o **periodo de reposo invernal** durante el cual necesitan acumular una serie de **horas-frío** por debajo de un determinado umbral. Es decir, no sólo soportan inviernos fríos sino que necesitan este estímulo para su correcto desarrollo. El reposo parece estar inducido y mantenido por las temperaturas relativamente bajas, hasta un momento determinado en que se está en condiciones de iniciar de nuevo el periodo vegetativo. Para romper el estado de latencia en las yemas de los caducifolios se deben satisfacer estas necesidades de reposo o de frío; así, se observa que la iniciación floral en frutales necesita de la influencia de días cortos y temperaturas en general inferiores a 10° C., no obstante, la fisiología del reposo es compleja y constituye un tema de investigación en la actualidad, sobre todo en fruticultura ya que no son sólo los factores térmicos los únicos que intervienen y no siempre la acción térmica puede explicar los efectos de un invierno benigno. La escasez de frío invernal ocasiona problemas como: retraso en la apertura de yemas y consecuentemente en la maduración de los frutos, brotación irregular y dispersa, desprendimiento de yemas de flor, alteraciones en el desarrollo del polen, mayor sensibilidad a una helada tardía por la desprotección a que da lugar etc. Aunque los umbrales para las distintas especies varían entre 4° y 12° C. se suele tomar como referencia el umbral de 7° C. El periodo de reposo normalmente comienza poco antes de la caída de la hoja, no obstante se admite que éste es el momento a considerar como inicial, a veces se considera la fecha de la primera helada; el final del periodo suele ser varios días antes de que se aprecie el desborre de la yemas. Como ejemplo de especies con altas exigencias (más de 700 H.F.) se encuentran: manzano, cerezo, castaño o nogal; y con bajas exigencias (menos de 400 H.F.) por ejemplo el almendro y la higuera. Como método para evaluar la acumulación de horas-frío, se suele utilizar la fórmula de *Crossa-Raynaud*, que establece una relación entre el número de horas por debajo de 7° C. y las temperaturas extremas diarias.

Respecto a otros factores meteorológicos, parece que un aire próximo a la saturación favorece el crecimiento aunque se retrasa la diferenciación. Por otra parte, los estudios de Kinzel parecen demostrar que en la mayor parte de las especies vegetales la germinación se ve favorecida por la luminosidad, aunque hay algunas especies con fotosensibilidad negativa y otras son indiferentes.