

# **BIOLOGÍA DE LA VIDA**

José Ramón Lissarrague García-Gutiérrez

En las plantas de vid cultivadas y obtenidas por multiplicación vegetativa, podemos considerar que se desarrollan tres ciclos en función del periodo de vida que contemplamos: un ciclo vital, un ciclo bianual y un ciclo anual.

### **A) CICLO VITAL**

Coincidente con la duración de la vida de la planta, y comprende cuatro fases de duración variable dependiendo de las condiciones ambientales y culturales.

- fase **improductiva**: desde el año de plantación al segundo o tercer año
- fase de **producción creciente**: desde el tercer o cuarto año año al sexto
- fase de **producción constante**: del sexto al vigésimo año
- fase de **producción decreciente**: en adelante, hasta el arranque de la plantación.

### **B) CICLO BIANUAL**

Podemos contemplar el ciclo de la vid como bianual si tenemos en cuenta la naturaleza mixta de las yemas “normales” de la vid, y que a excepción de las que quedan latentes en la madera vieja, se diferencian vegetativa y fructíferamente un año y se desarrollan en el siguiente. Durante el primer año la vid asegura su perennidad constituyendo y diferenciando las yemas. Durante el segundo año, las yemas formadas el año anterior evolucionan desarrollando los órganos vegetativos y fructíferos. Ambos procesos son coincidentes en el tiempo en una misma planta.

Por otra parte, también evolucionan en la vid yemas anticipadas y de madera vieja, pero, a continuación, centraremos el estudio en las yemas francas (normales) puesto que en ellas se basa la formación, desarrollo y producción de la vid.

#### **b.1. Constitución y diferenciación de yemas normales**

Una yema normal pasa por varias fases desde que comienza a formarse en la axila de la hoja hasta que brota: paralatencia, entrada en endolatenia, endolatenia, salida de endolatenia y ecolatenia.

a) Fase de paratencia

Durante esta fase la yema organiza y diferencia los esbozos de las inflorescencias. Esta fase, comienza, por término medio, entre finales de mayo y primeros de junio, iniciando la diferenciación, y finaliza hacia el mes de agosto, cesando la actividad de constitución y diferenciación de la yema. En estas fechas las yemas alcanzan su conformación definitiva y están constituidas, por término medio, por una docena de nudos con sus esbozos foliares, un par de racimos primordiales, diferenciados a nivel de las ramificaciones de las inflorescencias y un meristemo terminal.

Durante la fase de paratencia la yema tiene capacidad de desarrollo si las condiciones ambientales le son favorables, sin embargo, permanece en estado de latencia a causa de inhibición por correlación o paratencia que ejerce el meristemo terminal, los nietos, las inflorescencias y las hojas presentes. Es decir, todos los órganos en crecimiento son responsables de la falta de brotación de las yemas normales que se están conformando.

b) Fase de entrada en endolencia

La latencia se mide en función del número de horas que tarda en brotar o desborrar una yema puesta en condiciones adecuadas de cultivo, 25°C y 85% de humedad. En la fase anterior, este tiempo es inferior a 200 horas, lo que significa que no hay efectos de fenómenos de endolencia. La fase de entrada en endolencia se caracteriza por el aumento del tiempo de desborre. Así, por ejemplo, en la zona de Burdeos entre el 10 de agosto y el 1 de septiembre, el tiempo medio de desborre pasa de menos de 200 horas a más de 300 horas.

A medida que avanza esta fase, las yemas van perdiendo su capacidad de desborre, debido a modificaciones de los equilibrios nutritivo, hormonal, etc., coincidente con la ralentización del crecimiento. El equilibrio de inhibidores y promotores del crecimiento está a favor de los primeros.

c) Fase de endolencia

Las yemas permanecen dormidas por causas internas (balance promotores /inhibidores) a la propia yema, sin capacidad de desborre. La única forma de superar la endolencia es acumulando frío – contabilizado en forma de horas-frío-. La vid es poco exigente en frío invernal, basta con diez días con una temperatura media inferior a 7 °C para romper la endolencia.

d) Fase de salida de endolatenia

Con los primeros fríos del otoño la yema recupera progresivamente su capacidad de desborre. Esta fase se extiende desde septiembre hasta finales de noviembre.

e) Fase de ecolatenia

Una vez que la yema sale de la endolatenia deben darse unas condiciones de temperatura adecuadas para brotar. De no ser así y haber frío, las yemas no evolucionan debido a que las condiciones ambientales no son favorables para su crecimiento. Las temperaturas medias diarias deben ser superiores a los 10 °C de forma continua.

Esta fase se extiende desde noviembre-diciembre hasta la brotación de las yemas que viene a ser, por término medio, entre finales de marzo y primeros de mayo, según las zonas.

Las distintas fases por las que pasan las yemas no ocurren simultáneamente en todas las yemas del pámpano sino que tanto la diferenciación como la instalación de la endolatenia suceden progresivamente desde las yemas más basales hacia las yemas de rango superior.

## **C) CICLO ANUAL**

En las regiones templadas la vid está sometida a un ritmo o ciclo anual constituido por un periodo de vida activa, en el que se desarrollan los aparatos vegetativos y reproductores y se forman las yemas, y un periodo de reposo, coincidente en nuestras latitudes, con la estación fría. Durante el periodo de actividad anual podemos distinguir un ciclo vegetativo y un ciclo fructífero, ambos simultáneos en el tiempo.

### **C.1. CICLO VEGETATIVO**

El ciclo vegetativo de la vid comprende dos procesos importantes: el **desarrollo de los órganos vegetativos** (pámpanos, hojas, zarcillos y raíces) y el **agostamiento**. De esta forma, la vid asegura su desarrollo y producción en un año y

adquiere condiciones para superar el periodo invernal e iniciar su actividad en el ciclo siguiente.

### Lloros

Antes de que haya manifestación alguna del comienzo de la actividad vegetativa, hacia el mes de febrero o marzo, puede observarse en la cepa ciertas exudaciones a nivel de las heridas de poda. Estas emanaciones llamadas “**lloros**” se producen cuando la temperatura del suelo es suficientemente alta para que el sistema radical inicie su actividad. Las raíces comienzan a absorber agua y arrastran a su paso las sustancias que encuentran en su recorrido hasta que sale por las heridas de poda esta disolución acuosa. Al no haber ningún punto de demanda en la parte aérea, estas sustancias son vertidas al exterior por las únicas salidas presentes en ese momento, las heridas de poda. La composición de estos lloros es básicamente agua con sustancias orgánicas y minerales disueltas. No es savia bruta. El cese se debe a la acción conjunta de hongos y bacterias saprofitas que generan gomas que llegan a taponar las heridas de poda, impidiendo así la su salida.

La cantidad de lloros depende del vigor de la planta, humedad y temperatura del suelo. No implica debilitamiento, ni movilización, ni pérdida de sustancias de reserva. Pueden ocasionar problemas cuando caen sobre las yemas, mojándolas y aumentar así el riesgo de heladas por lo que en la poda invernal se aconseja hacer cortes oblicuos opuestos a la última yema. Por otra parte, hay que tener en cuenta que puede dificultar la soldadura de injertos en campo, por lo que en ocasiones conviene decapitar con antelación suficiente a la realización del injerto.

### Desborre

La primera manifestación visible de crecimiento es el *desborre*. Las yemas francas aparecidas y diferenciadas el año anterior se hinchan debido al aumento del volumen de sus células y a la proliferación merismática, se separan las escamas y la borra se hace visible. El cono de la yema da lugar al pámpano, las hojas, las inflorescencias y los zarcillos primordiales a sus órganos correspondientes.

El desborre sucede en condiciones medias en España, hacia el mes abril y se considera que la cepa ha desborrado cuando el 50% de las yemas han superado este estado.

### Factores que influyen en el desborre

- Temperatura: Dependiendo de la variedad, el desborre se produce cuando las temperaturas medias diarias están comprendidas entre los 9°C y 13°C, considerando el cero en vegetación en 10°C. El desborre se produce cuando la temperatura media diaria se encuentra durante 50 días a 10°C

- Posición de la yema: En un sarmiento, el desborre comienza por las yemas de rango superior y progresa hacia la base, regulado en parte por la mejor diferenciación y por la paratencia. Este hecho, denominado **acrotonía**, se manifiesta en los sarmientos podados largos, denominados varas.

- Vigor: Las cepas muy vigorosas tienden a desborrar más tarde. Las cepas débiles o jóvenes desborran antes.

- Época de poda: Las podas tardías pueden retrasar el desborre, hecho que se utiliza en zonas con problemas de heladas primaverales para escapar a las mismas.

### Crecimiento del pámpano

El pámpano presenta un crecimiento en espesor y un crecimiento en longitud.

➤ Crecimiento en grosor. Es el resultado del funcionamiento de las dos capas generatrices, **cambium** que genera xilema hacia el interior y floema hacia el exterior, y **felógeno** que genera súber hacia el exterior y felodermis hacia el interior. El crecimiento en grosor se presenta también en la madera de dos años y madera vieja.

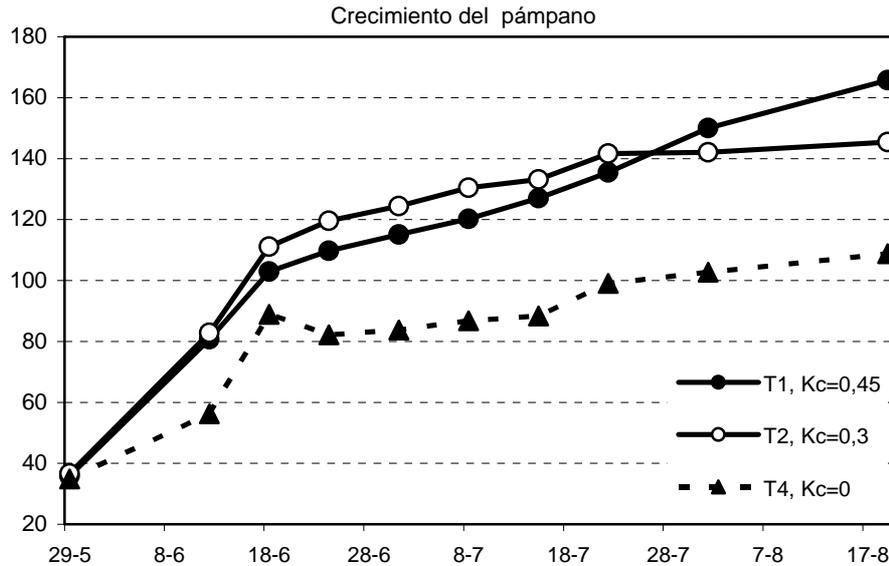
El aumento real de grosor se debe al cambium, a la formación del xilema.

#### ➤ Crecimiento en longitud

El crecimiento del pámpano se inicia con el desborre y finaliza más tarde ó más temprano, en función de las condiciones ambientales, en particular de la disponibilidad hídrica.

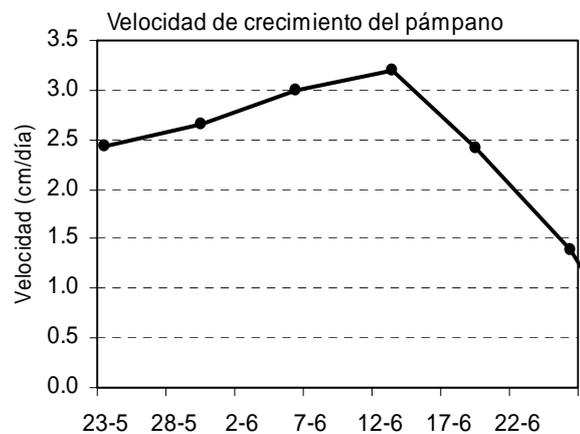
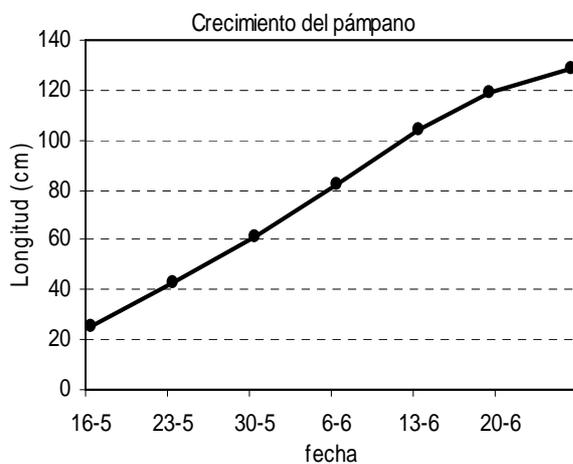
a. En las regiones caracterizadas por un periodo estival seco, el crecimiento cesa hacia mediados de junio. El meristemo terminal cesa de funcionar y en un tiempo más o menos largo se seca y cae.

b. En las zonas donde el estrés hídrico no se manifiesta, bien por aporte de agua de riego o lluvia, el crecimiento puede prolongarse hasta final de Septiembre o comienzos de Octubre.



El crecimiento no es lineal sino que responde a una S clásica con tres periodos:

1. Periodo de aceleración lenta del crecimiento. Corresponde a la fase de desborre y brotación. Coincide con una subida lenta de las temperaturas primaverales. Es un periodo en el que alternan días cálidos con días fríos y muy fríos.
2. Periodo de crecimiento rápido, con una ligera ralentización en floración por competencia con los racimos. Corresponde a un periodo con temperaturas primaverales en ascenso y con la reserva hídrica del suelo al 100%
3. Periodo de crecimiento ralentizado que finaliza con la parada de crecimiento. Esta disminución de la velocidad del crecimiento está causada tanto por el crecimiento de las inflorescencias como por la disminución del contenido de agua en el suelo.



Factores que afectan al crecimiento del pámpano:

- Posición de la yema. Las yemas de rango superior brotan antes – acrotonía – e inhiben por correlación el crecimiento de los órganos que se encuentre en rangos inferiores, resultando en un menor desarrollo de los pámpanos de estos rangos. Mediante técnicas de cultivo, como el despunte, se homogeniza el crecimiento de la cubierta vegetal.

- Disponibilidad hídrica. La falta de agua en el suelo puede ralentizar o parar el crecimiento en longitud del ápice meristemático. Para conocer cuándo comienza a disminuir la disponibilidad hídrica para la planta, se pueden elegir unos pámpanos representativos e ir siguiendo en éstos la evolución de la velocidad de crecimiento. Cuando ésta disminuye, y las temperaturas son óptimas es por falta de agua en el suelo.

- Temperatura. El cero vegetativo de la vid se sitúa a 10°C. Temperaturas inferiores a ésta producen degradación irreversible de las clorofilas (enrojecimiento en cv Bobal) y malformación de hojas. La temperatura óptima para el crecimiento vegetativo se sitúa entre los 22-25 °C. Si la brotación coincide con altas temperaturas primaverales, lo que suele ir acompañado con una reserva de agua en el suelo totalmente llena, el crecimiento del pámpano es vertiginoso, y al ser aún las conexiones vasculares muy débiles y no son suficientes para garantizar el desarrollo vegetativo y la diferenciación de las inflorescencias; en este momento la vid privilegia vegetación frente a rendimiento, produciéndose un sacrificio de la cosecha y paralización del proceso de diferenciación floral. Este fenómeno se conoce con el nombre de **filage** y exteriormente se manifiesta por formaciones tipo zarcillos en donde se observan unos puntos necrosados donde se hubiesen diferenciado flores.

- El tipo de conducción. Algunas formas de guiar la vegetación favorecen el desarrollo en longitud, tal es el caso de cortinas altas con vegetación libre (1.6 m ) hasta el suelo.

- Los reguladores del crecimiento.

- Factores bióticos: depende de la expansión de las raíces y colonización de éstas en el suelo. En general, a igualdad de pámpanos por metro lineal el desarrollo de éstos es mayor cuanto más cerca están las plantas en la línea de cepas, pues menor será el número de pámpanos/planta y menor la competencia entre éstos por el agua del suelo y las reservas de la planta.

- Carga. El desarrollo de los pámpanos es inversamente proporcional a su número en la cepa.

### Agostamiento

El agostamiento es el proceso por el que el pámpano (herbáceo) se transforma en sarmiento (lignificado). Exteriormente se observa un cambio de color del pámpano verde, a marrón, denominándose, a partir de este momento, sarmiento. Comienza en agosto, coincidiendo con la parada de crecimiento, y termina cuantitativamente en septiembre, pero siguen produciéndose cambios cualitativos, en el interior de la planta, hasta la caída de las hojas. Lo que exteriormente no haya agostado en septiembre quedará sin agostar y se perderá con los primeros fríos del otoño.

Los cambios anatómicos asociados al agostamiento son los siguientes: A partir de las células del periciclo comienza a generarse una capa de células denominada **felógeno** que genera felodermis hacia el interior y súber o corcho hacia el exterior. El conjunto de felógeno, súber y felodermis se conoce con el nombre de **peridermis**. La formación de la peridermis produce la separación de la epidermis, corteza y floema primario del floema secundario y de otros elementos vasculares del eje principal. Estos tejidos aislados adquieren pronto un tono marrón y mueren. El proceso del agostamiento está asociado con el engrosamiento de las paredes celulares en los tejidos radiales y con la acumulación de almidón (amiloplastos) en todas las células vivas de la madera. Mediante este proceso la planta pierde humedad, casi un 50%, por lo que se produce una concentración de solutos, aumento de la presión osmótica y de la resistencia al frío. Al producirse la lignificación de los tejidos, hay una deshidratación de éstos. También se produce un cambio metabólico a nivel de la cepa: los productos de la fotosíntesis van a dirigirse principalmente hacia los racimos favoreciendo la maduración frente al desarrollo vegetativo.

El agostamiento coincide con la parada vegetativa de verano, la entrada en endolencia de las yemas normales, la madurez fisiológica de las semillas, el envero y la maduración de las bayas.

El agostamiento puede interrumpirse bruscamente a causa de las heladas otoñales pues provocan una accidental entrada en reposo de la planta. Similar resultado tiene el dejar pasar el ganado, tras la vendimia, para que se alimente de las hojas.

El agostamiento garantiza la perennidad de las yemas y en definitiva la supervivencia del individuo. La planta agostada resistirá las bajas temperaturas invernales. Las yemas de pueden llegar a soportar hasta  $-15^{\circ}\text{C}$ . La acumulación de sustancias de reserva garantiza una buena brotación y el desarrollo de los pámpanos

en las primeras fases de la campaña siguiente. Prácticamente desde brotación a floración, el pámpano se comporta como un órgano consumidor, vive y se desarrolla a expensas de las reservas de la planta. Finalmente, un buen agostamiento es muy importante si el objetivo es la multiplicación vegetativa mediante estaquillado, pues la emisión de raíces dependerá de la cantidad de sustancias de reserva, en definitiva, de un buen agostamiento.

## **C.2. CICLO REPRODUCTOR**

El ciclo reproductor de la vid comprende tres procesos:

1. Iniciación floral
2. Floración, polinización y fecundación.
3. Desarrollo de la baya

### 1. Iniciación floral

El ciclo completo de la iniciación floral dura prácticamente un año natural.

a. Año precedente al desarrollo de la yema: inducción de diferenciación de inflorescencias primordiales coincidente en el tiempo con la fase de paratencia de las yemas normales. Coincide con los meses de junio y julio.

b. Año presente: diferenciación de botones florales al comienzo de la entrada en actividad y desarrollo de inflorescencias y de órganos florales que culmina en la antesis. Desde abril a junio aproximadamente.

- La iniciación floral comprende dos fenómenos diferentes:

2. Inducción floral: Fenómeno fisiológico que determina la diferenciación de un meristemo hacia la constitución de una inflorescencia.
3. Diferenciación floral: Diferenciación morfológica de la inflorescencia y de las flores y órganos florales.

La iniciación floral hace referencia a la diferenciación morfológica de las inflorescencias y de las flores dentro del racimo.

Diferenciación de las inflorescencias: Tiene lugar durante el periodo de paratencia de las yemas. Hacia el mes de junio comienza el desarrollo del primer

primordio inflorescencial con sus ramificaciones y a continuación el segundo. Por término medio no se forman más de dos. Cuando la yema entra en endolencia (agosto) cesa la diferenciación, los esbozos de las inflorescencias alcanzan un nivel de organización a nivel de ramificaciones.

Diferenciación de las flores: La iniciación floral se reemprende poco antes del desborre. Algunos autores precisan que las flores comienzan a aparecer en la base de las inflorescencias al comienzo de la entrada en vegetación, cuando las escamas de las yemas se abren y dejan pasar al joven brote. A continuación se diferenciarán sucesivamente los sépalos, los pétalos, el androceo y el gineceo, finalizando con la maduración del grano de polen y del óvulo. Durante este periodo que va desde el desborre a la antesis, las inflorescencias van gradualmente aumentando de tamaño, aumento que se proseguirá aproximadamente hasta el envero.

- Factores que afectan a la iniciación floral

Iluminación de las yemas y de la hoja que sustenta la yema. Es importante una buena iluminación de la zona de renovación durante la fase de floración, momento en el que se están diferenciando los esbozos de las inflorescencias en las yemas que se desarrollarán la campaña siguiente. Parece que es importante tanto una buena iluminación de las yemas como de las hojas cercanas a esa yema. Indirectamente, el sistema de conducción puede favorecer una mayor fertilidad de yemas si permite una buena iluminación en la zona de racimos.

Temperatura. Las temperaturas favorables para el desarrollo vegetativo (25-28°C) van en detrimento del desarrollo fructífero. De ahí que durante la brotación y floración sean deseables temperaturas de unos 20-22°C para favorecer la diferenciación de flores o el cuajado.

Desarrollo vegetativo. El exceso de desarrollo vegetativo, a causa de alta disponibilidad hídrica o altas temperaturas o bien favorecido por la utilización de portainjertos muy vigorosos, compiten con el desarrollo fructífero en todas sus etapas desde la iniciación floral, diferenciación morfológica de las flores y posteriormente durante el cuajado y fase I de desarrollo de la baya.

El denominado **filage** es un retroceso o parada en el proceso de la diferenciación de flores que se produce durante la brotación, aunque sus consecuencias son visibles a posteriori, produce aborto de flores por el excesivo crecimiento del pámpano con relación a la velocidad a la que le son suministradas las

sustancias demandadas. La conexión vascular es débil y no abastece suficientemente para satisfacer las exigencias de desarrollo del pámpano y de las inflorescencias. En esta fase, la planta favorece el desarrollo vegetativo frente al fructífero y el resultado es el sacrificio de flores.

Shaulis *et al.* (1966) diseñaron un nuevo sistema de conducción, el GDC, (*Geneva Double Cordon*) teniendo como objetivos el control del desarrollo vegetativo y una alta iluminación en la zona de renovación, para mejorar la fertilidad de las yemas y la maduración del cv Concord.

## 2. Floración, polinización y fecundación

### ➤ Floración

La floración comienza con la apertura de la corola por su base, liberándose los cinco pétalos que quedan unidos por su extremidad y son proyectados por la distensión de los filamentos estaminales, liberando las anteras, el estilo y el estigma. A veces, se produce la polinización y fecundación sin que haya habido caída de la caliptra; este fenómeno, denominado **cleistogamia**, se produce habitualmente en los cv Baco blanc y cv Shiraz pero con escasa frecuencia en otros cultivares, coincidiendo con floraciones húmedas. La floración dura unos 10-15 días por término medio, alrededor de mediados de junio, y está favorecida por temperaturas de 20-25 °C y tiempo seco. Se considera plena floración cuando han liberado la caliptra el 75% de las flores y final de floración, cuando todas han abierto.

### ➤ Polinización

Coincidiendo con la caída de la caliptra se produce la dehiscencia longitudinal e introrsa de las anteras que liberan una nube de granos de polen sobre el estigma de la flor. El transporte del polen se lleva a término a través del aire (polinización anemófila), siendo la propia proyección de los granos de polen por la antera, al ser sacudida por la caliptra, el mecanismo principal de transporte, si bien puede ser desplazado por el viento y eventualmente por algún insecto. La polinización puede ser alógama existiendo un alto porcentaje de autogamia, pero no llega al 100%.

➤ Fecundación y cuajado

Cuando el grano de polen cae sobre el estigma queda adherido a él, germina y comienza a emitir el tubo polínico a lo largo del estilo, avanzando hacia el ovario, hasta alcanzar el óvulo. A lo largo del trayecto del tubo polínico, el núcleo vegetativo del grano de polen degenera y el gameto se divide en dos, de modo que cuando el tubo polínico alcanza el óvulo van dos núcleos gaméticos. Cuando los gametos alcanzan el saco embrionario, uno de ellos se fusiona con la oosfera, formando un núcleo diploide que originará el embrión, el otro se une a los núcleos polares, dando lugar a un tejido triploide, el albúmen. La flor comienza a transformarse en fruto. Se denomina cuajado a la transformación del ovario en fruto. La fecundación así producida se denomina **fecundación normal**.

A veces se produce una fecundación normal pero posteriormente hay aborto del embrión. En este caso, las bayas presentan en su desarrollo unos rudimentos seminales que no son perceptibles por el consumidor. Se dice que las bayas carecen de semilla, son **apirenas**. Este tipo de apirenidad se denomina **stenospermica** (*stenos* = semilla *esperma* = semilla) o Sultanina por producirse de forma natural en el cv Sultanina.

Otro tipo de apirenidad es la producida por **partenocarpia**. En este caso no hay fecundación, parece ser que la sola presencia del grano de polen en el estigma estimula la multiplicación de las células del ovario. El resultado es un fruto sin semillas. También se le denomina apirenidad Corintiana, por producirse naturalmente en el cv Corinto negro.

En un racimo puede haber bayas partenocárpicas, localizadas comúnmente en las alas. Esta partenocarpia es accidental, no afecta a todo el racimo, y se denomina **millerandaje**. Las bayas millerandadas completan su maduración.

Por último, en un racimo puede haber bayas verdes que no maduran. Estas bayas quedan pequeñas, verdes y duras y no maduran.

El porcentaje de cuajado es un dato muy variable de un cultivar a otro, depende del tamaño del racimo. Los cultivares de racimo grande, con unas 1500 flores por racimo, puede tener un cuajado normal del 15-20% mientras que en cultivares de racimos pequeños, con unas 100-200 flores por racimo o menos, el porcentaje de cuajado normal ronda el 40-60%. Cuando el cuajado es anormalmente bajo se habla de **corrimiento**.

- Causas del corrimiento

- Factor varietal: por ejemplo, cv Garnacha y Merlot tienden al corrimiento inducido por un desarrollo vegetativo muy rápido sacrificando flores. La solución es despuntar en floración.

- Genética: debido a la mala conformación de estambres o bien a la tendencia a favorecer el desarrollo vegetativo frente al reproductor.

- Condiciones climáticas: exceso de lluvia en floración o temperaturas inferiores a 15°C son negativas por producir un tubo polínico de forma muy lenta, de manera que cuando los núcleos gaméticos alcanzan el ovario, los óvulos ya no son viables.

- Vigor: evitar patrones que induzcan al vigor debido a que indirectamente favorecen el corrimiento.

- Prácticas de cultivo: exceso de aporte nitrogenado en floración, exceso de agua de riego, daños mecánicos es racimos. Un laboreo profundo en floración es causa de corrimiento al producir una crisis en la cepa por una poda del sistema radical.

### 3. Desarrollo y maduración de la baya

En los cultivares con semilla, el crecimiento de la baya se inicia tras la polinización y fecundación. Este proceso tiene lugar dentro de las 2-3 semanas tras la floración. Se dice que el fruto ha **cuajado** y los efectos inmediatos son el comienzo de la división celular de las paredes del ovario y la no formación de la capa de abscisión en la base del pedicelo. Las flores no fecundadas o los frutos mal cuajados caen.

#### **1. Desarrollo de la baya**

La evolución del tamaño de la baya presenta una doble curva sigmoideal (Figura 1) que podemos dividir en varias etapas atendiendo a su aspecto exterior y a los cambios internos en su composición: 1. Fase I o fase de baya verde, 2. Fase II o de parada del crecimiento y 3. Fase III o de maduración.

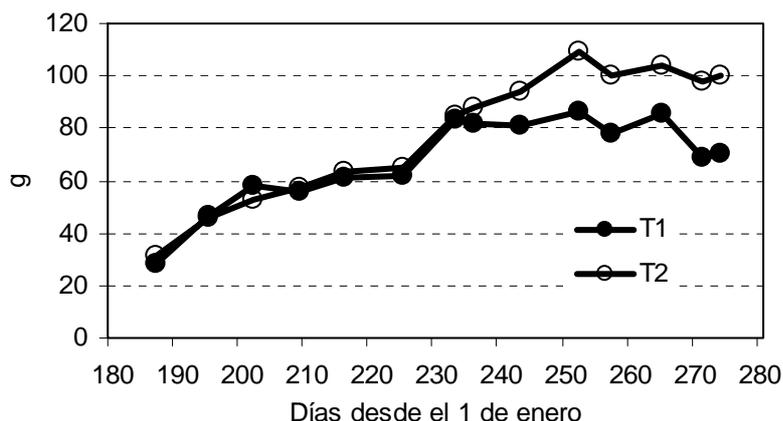


Figura 1. Evolución del peso de 100 bayas de cv Cabernet-sauvignon desde cuajado hasta vendimia con dos regímenes hídricos T1:secano y T2: regadío, en el C.T.V.V. El Socorro en Colmenar de Oreja (Madrid)

### 1.1. Fase I o fase de baya verde

Esta fase abarca desde el cuajado hasta que se ralentiza, y para, el primer crecimiento de la baya. Se caracteriza por un crecimiento de las capas de células más exteriores del ovario - pericarpio - y de la semilla. Es una fase de intensa actividad respiratoria. Al final de esta fase las semillas alcanzan su tamaño definitivo y las bayas alcanzan entre el 40-60% de su tamaño final y adquieren su forma definitiva. La duración de esta etapa oscila entre 40 - 60 días en cultivares con semillas. En una primera etapa el crecimiento de la baya es debido a sólo a multiplicación celular y en una etapa más avanzada se debe tanto a multiplicación celular como a distensión o agrandamiento celular. Una vez finalizada esta etapa no habrá más crecimiento de la baya por multiplicación celular, y por tanto, en esta etapa queda condicionado el número de células que tendrá la futura baya y así, su tamaño potencial.

Durante esta primera fase la baya verde y dura acumula ácidos orgánicos, tartárico y málico, fundamentalmente, alcanzando su contenido máximo en enero. El ácido tartárico se sintetiza en las hojas jóvenes bien iluminadas mientras que el ácido málico se sintetiza en las hojas adultas sombreadas. Se comporta como un órgano verde, clorofílico y realiza fotosíntesis aunque las tasas de asimilación de CO<sub>2</sub> son muy bajas tanto a la escasa iluminación que llega a la zona de racimos como a la baja densidad estomática en su epidermis.

## **FACTORES DE LOS QUE DEPENDE EL CRECIMIENTO DE LA BAYA EN FASE I**

a) Hormonales. Las **auxinas** son sintetizadas por los embriones de las semillas y tienen como misión ejercer de reclamo – sumidero - de productos de la fotosíntesis, necesarios para satisfacer la demanda de energía para la multiplicación y crecimiento celular. Las **giberelinas** son generadas por células en crecimiento y son las responsables de la multiplicación y distensión celular. La ausencia de semillas – bayas apirenas - por falta de fecundación o aborto del embrión en las primeras etapas de desarrollo de la baya tiene como resultado la formación de frutos pequeños.

Dentro de la propia planta hay otros puntos en crecimiento – ápices, hojas jóvenes, yemas anticipadas, etc. – que también son centros de generación de auxinas y van a competir con las bayas por los productos de la fotosíntesis.

b) Climáticos. El principal factor que influye en esta etapa es la temperatura. Las temperaturas óptimas para el crecimiento de las bayas son las mismas que favorecen la multiplicación celular, entre los 22 – 25 °C. La lluvia tiene un efecto indirecto a través de la reintegración del agua al suelo, condicionando el contenido de agua del mismo y la disponibilidad hídrica de la planta. Contenidos elevados de agua en el suelo, próximos a capacidad de campo, favorecen el crecimiento vegetativo de los pámpanos compitiendo fuertemente con el crecimiento de los frutos recién cuajados; en esta etapa la planta favorece desarrollo vegetativo frente a fructífero y puede tener como resultado una anormalmente baja tasa de cuajado o bayas muy pequeñas.

c) Técnicas de cultivo. El objetivo general que se persigue es dirigir el comportamiento natural de la planta para conseguir unos objetivos cualitativos y cuantitativos. Mediante el **despunte** – eliminación de ápices en crecimiento – se disminuye, temporalmente, el número de puntos de demanda de fotoasimilados, obligando a la planta a que los dirija a los centros de demanda que han quedado, las bayas. En esta primera etapa, la gestión del **riego**, si la hubiera, habrá de ir encaminada a generar la cantidad suficiente de hojas adultas para garantizar la demanda de productos de la fotosíntesis por parte de los ápices meristemáticos de los pámpanos aún en crecimiento y la de los racimos. Hay que puntualizar que en el viñedo español, por lo general, en esta etapa no suele ser necesario el aporte de agua. Es una decisión relativamente habitual retrasar el inicio del riego para provocar un déficit hídrico en la planta con la intención de producir bayas de pequeño tamaño –

1.0 g - consecuencia tanto de una reducción del número de células por baya como a una disminución en la capacidad de distensión celular. El **manejo del suelo**, mediante el empleo de cubiertas vegetales – naturales, sembradas, temporales o permanentes -, puede ser clave a la hora de determinar el ritmo de crecimiento vegetativo y establecer competencias entre el desarrollo de los ápices y el fructífero. Al influir el manejo del suelo en la cantidad de superficie foliar desarrollada por la planta, va a condicionar en etapas posteriores de desarrollo de la baya la demanda hídrica de la planta, la actividad fisiológica de las hojas y la disponibilidad hídrica durante la etapa de maduración de las bayas. Mediante la **fertilización** podemos corregir en el suelo el nivel de aquellos elementos que presenten bajo contenido. De todos los elementos, el nitrógeno es el que más influye en la multiplicación celular.

### 1.2. Fase II o de parada del crecimiento

Esta etapa se caracteriza por una ralentización inicial y parada posterior del crecimiento del hollejo y por la maduración fisiológica de las semillas. Al final de esta etapa se produce el envero o cambio de color de la baya; es un cambio brusco a nivel de baya pero que se escalona en varios días a nivel de un racimo. A nivel de parcela, esta etapa puede durar entre 8 – 15 días. El contenido de ácidos alcanza su máximo. La actividad respiratoria decrece. La baya sigue siendo un órgano verde, aunque el contenido clorofílico y su actividad fotosintética van disminuyendo. En la baya se produce una parada en la síntesis de sustancias del crecimiento y, simultáneamente, un aumento del contenido de ácido abscísico.

### 1.3. Fase III o de maduración

El inicio de esta etapa está marcada por el reinicio del crecimiento de la baya, el inicio del cambio de color – envero - y el ablandamiento de la baya. Su duración es muy variable, entre 35 y 60 días, dependiendo de los cultivares, características climáticas de la estación y objetivos de la cosecha.

Es probable que el reinicio del crecimiento en la fase III se deba a un incremento del turgor celular, al gradiente de potencial hídrico para absorber agua y a un incremento en la extensibilidad de las paredes celulares. La acumulación de azúcares conlleva un incremento del potencial osmótico (debido a la presencia de solutos) en la baya; esto implica que la diferencia de potencial hídrico entre el de savia bruta y el de las células del pericarpio aumenta en envero y de este modo la expansión celular se produce porque hay un aumento de la fuerza conducente a

captar agua. En enero se producen una serie de cambios en las paredes celulares cuyo resultado es el ablandamiento de la baya. Las paredes celulares se hacen más finas y hay un aumento de la actividad de enzimas que degradan las paredes celulares como la celulasa y la poligalacturonasa. La capacidad de expansión de la baya está limitada por la capacidad de expansión de las células del hollejo – epicarpio -. Las células de la pulpa – mesocarpio – son capaces de distenderse más que las células del hollejo, pudiendo rajarse las bayas si la diferencia de capacidad de distensión es muy grande.

Al comienzo de fase III se interrumpe la comunicación entre los vasos de xilema que alimentan la baya y ésta y la única comunicación que queda son los vasos de floema.

## 2. CAMBIOS QUE ACOMPAÑAN LA MADURACIÓN DE LA BAYA

La maduración de la baya es un proceso que se produce a nivel de baya. Cada baya madura de forma autónoma dentro de un racimo. El cambio de color de la baya dura entre 2-3 días sin embargo, hay una amplia gradación del proceso a nivel de racimo y de parcela. Estos son de forma esquemática los cambios que se inician en enero y continuarán a lo largo de la maduración:

- Ablandamiento de la baya
- Aumento de la expansión celular e incremento de materia seca
- Acumulación de hexosas: glucosa y fructosa
- Disminución de la acidez tartárica
- Disminución de la acidez málica
- Aumento del pH del mosto
- Comienzo de la síntesis de antocianos en cultivares tintos
- Aumento de la concentración de arginina y prolina

### Cambios hormonales

Al comienzo de la maduración se produce una disminución del contenido de **auxinas** y un incremento de la concentración de **ácido abscísico** (ABA). Aplicaciones de ABA aceleran la acumulación de azúcares en las bayas mientras que aplicaciones exógenas de auxinas no producen respuesta alguna. El ABA se sintetiza en la semilla y también hay evidencia de su síntesis en las hojas y posterior traslocación a la baya.

### Acumulación de azúcares

Durante la maduración la concentración de azúcares aumenta (Figura 2). Hasta el comienzo de la maduración los principales centros de demanda de productos de la fotosíntesis son los ápices de los pámpanos en crecimiento mientras que a partir de enero se produce un cambio en la dirección de los asimilados pasando a ser las bayas pasan a ser los principales sumideros. Inicialmente se produce una acumulación muy rápida de azúcares procedentes de las de reservas como de la actividad fotosintética de las hojas. Posteriormente se ralentiza y el aumento de la acumulación de los azúcares en la baya depende exclusivamente de los productos de la fotosíntesis de las hojas próximas a los racimos.

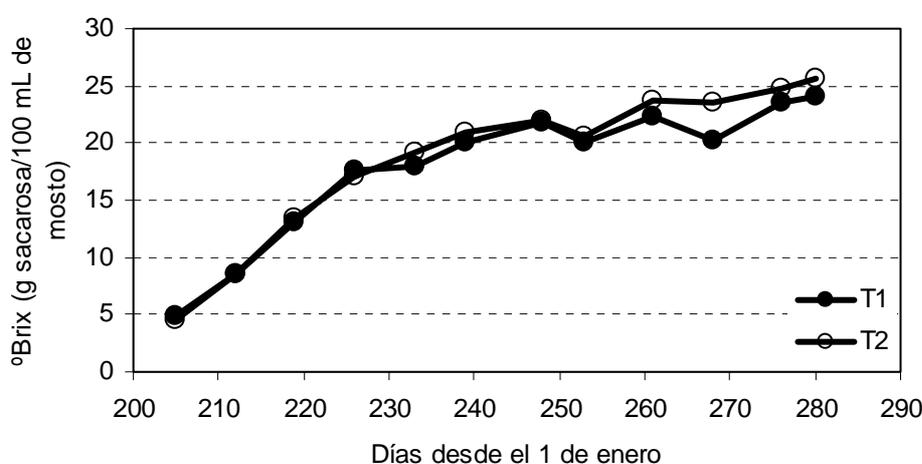


Figura 2. Evolución del contenido de azúcares en el mosto a lo largo de la maduración en Cabernet sauvignon en dos regímenes hídricos T1: secano y T2: regadío en el C.T.V.V. El Socorro en Colmenar de Oreja (Madrid).

El transporte de azúcares dentro de la planta se realiza en forma de sacarosa pero se acumulan en la baya en forma de azúcares simples glucosa y fructosa. Una vez separadas las bayas del raquis no continúan su proceso de maduración.

#### Evolución de los ácidos orgánicos

Los ácidos tartárico y málico representan el 90% del total de ácidos presentes en la baya. Justo antes de iniciarse la maduración se alcanzan los mayores contenidos de ácidos en la baya. Posteriormente, durante la maduración no hay acumulación de ácidos y la acidez total – expresada en g de ácido tartárico/L de mosto – disminuye

(Figura 3); esta disminución se debe realmente a la pérdida de ácido málico por diversas rutas:

A) Dilución, como consecuencia del aumento de volumen de las bayas. B) Descomposición al ser utilizado como sustrato de la respiración celular para obtención de energía. C) Transformación de ácido málico en glucosa, proceso que se denomina gluconeogénesis. La cantidad de ácido málico transformado en glucosa no excede el 5% del ácido málico acumulado en la baya.

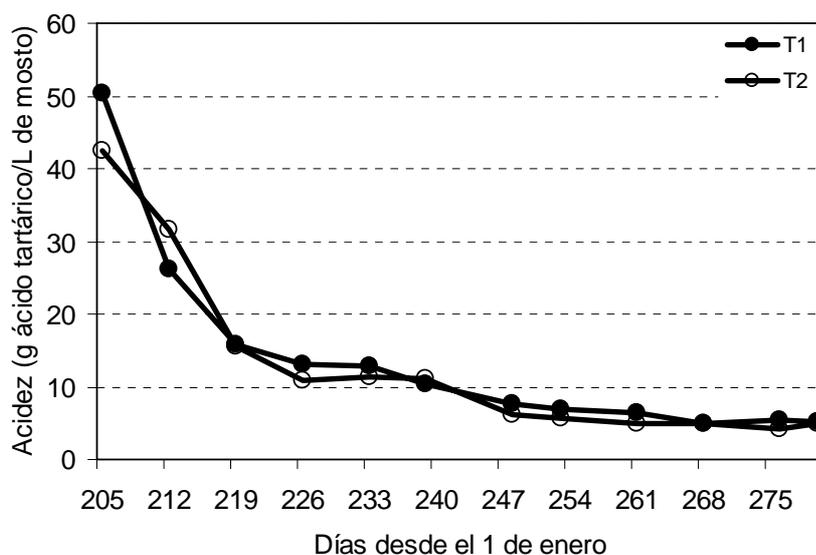


Figura 3. Evolución de la acidez total a lo largo del proceso de maduración de las bayas de Cabernet-sauvignon cultivadas en Colmenar de Oreja (Madrid) con dos regímenes hídricos T1: secano y T2: regadío

#### Acumulación de sustancias nitrogenadas

La acumulación de nitrógeno en la baya se realiza vía xilema y vía floema. En las bayas verdes el catión  $\text{NH}_4^+$  supone más del 50% de las sustancias nitrogenadas. Durante la maduración el contenido de nitrógeno total en el mosto aumenta aunque el contenido de  $\text{NH}_4^+$  decrece mientras que la fracción orgánica aumenta (aminoácidos, principalmente y en mucha menor cantidad proteínas). Al final de la maduración la fracción de aminoácidos representa más del 50% del nitrógeno total del mosto. Los aminoácidos más abundantes son arginina y prolina incrementándose su contenido de 2 a 6 veces durante la maduración. La acumulación de aminoácidos tiene lugar en el pericarpio del fruto en forma de aminoácidos y en las semillas. El mosto obtenido de la uva madura apenas contiene el 20% del

nitrógeno total de la baya. El contenido de proteínas solubles alcanza su máximo antes de la madurez completa para luego disminuir al final de la maduración.

#### Evolución del contenido de compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos de las uvas son los flavones, flavonoides (incluyendo los antocianos) y taninos. Los flavonoides se acumulan en las células del hollejo mientras que los no flavonoides se acumulan en las células de la pulpa.

En cultivares tintos los antocianos son los responsables del color cuyo contenido se acumula en las células de la epidermis del fruto y sólo en algunos cultivares se acumulan también en las células de la pulpa; son los cultivares conocidos como variedades tintoreras, un ejemplo es la Garnacha tintorera conocida también como Alicante Bouschet. Los precursores de los pigmentos polifenólicos de la baya son 5 antocianidinas: cianidina, delphinidina, petunidina, peonidina y malvidina. La unión de una molécula de glucosa a estas antocianidinas da lugar a las antocianos. Las antocianos son de color rojo en medio ácido, incoloro a pH próximo a 4.0 y púrpura a pH superior a 4.5; en medio básico pueden dar color azul. Hay una estrecha relación entre la acumulación de azúcares en baya y la de antocianos. Parece ser que la presencia de azúcar en la baya actúa como desencadenante del proceso de acumulación de antocianos y de otros compuestos fenólicos. La síntesis de antocianos es continua desde envero a madurez y en algunas condiciones tiene lugar en las primeras fases del periodo de maduración (Figura 4).

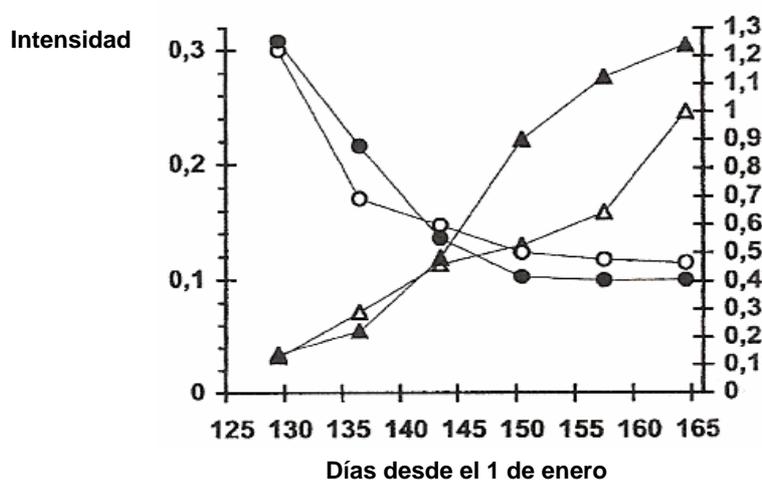


Figura 4. Evolución de la intensidad del color de los hollejos (en regadío,▲, y en seco,△) y del brillo (en regadío,● y en seco,O) de la variedad Tempranillo durante la maduración de la baya

Los taninos se acumulan durante la fase I de desarrollo de la baya. Durante fase III los taninos de la semilla disminuyen considerablemente a lo largo de la maduración mientras que los de los hollejos pueden mantenerse. Están presentes en el hollejo y en la semilla y prácticamente ausentes en la pulpa. Son responsables del amargor y astringencia de los vinos tintos y de la estabilidad del color en vinos tintos.

#### Evolución de los compuestos volátiles

Los compuestos aromáticos se sintetizan en la baya en la última etapa de la maduración y su localización queda restringida en las células de la epidermis (hollejo). Su acumulación no está estrechamente relacionada con la concentración de azúcares. Más de un centenar de moléculas diferentes y en muy baja concentración son las responsables del aroma en la baya. Casi todos los compuestos se encuentran en numerosos cultivares que no poseen un olor característico o típico. Sin embargo, algunos cultivares se asocian con un aroma característico, es el caso del olor a pimienta verde del Cabernet sauvignon o el olor “foxy” de *Vitis labrusca*, o el aroma a moscatel de las variedades amoscateadas (Moscateles, Malvasías etc.).

#### Acumulación de sustancias minerales

La uva se enriquece en potasio durante la maduración, elemento que se transloca y acumula en la baya vía floema. El pH del mosto depende del contenido de ácido tartárico y de K<sup>+</sup> en el mosto según la relación:

$$pH = f \frac{[\text{ácidotartárico}]}{[\text{potasio}]}$$

La mayor parte de los cationes se traslocan vía xilema y su acumulación en la baya depende de la tasa de transpiración. La intensidad transpiratoria disminuye mucho después del envero y junto con la interrupción de la comunicación via xilema tiene como resultado una disminución por dilución del contenido de cationes que se traslocan vía xilema, como calcio y magnesio. Los oligoelementos zinc, cobre, manganeso, etc. también tienden a disminuir a lo largo de la maduración.

### **3. FACTORES QUE AFECTAN A LA MADURACIÓN DE LAS BAYAS**

ILUMINACIÓN. La intercepción luminosa por la cubierta vegetal es uno de los principales factores de los que depende la producción global de la planta. La cantidad de luz absorbida por la planta va a determinar el nivel de actividad fotosintética de las hojas y así la cantidad de azúcares en mosto y los que irán a formar parte de las reservas en las partes perennes de la planta para la campaña siguiente. En viñedos situados en zonas de baja iluminación se obtienen mostos poco azucarados, con bajo grado alcohólico y poco color y a menudo quedan ácidos. En zonas de alta iluminación se obtienen mostos con un mayor contenido azucarado y alta concentración de materia colorante.

Con decisiones como la determinación de la anchura de calle, del tipo de poda, la disposición de las líneas de plantación, la disposición de la vegetación, la carga por metro de fila, etc. el técnico influye en la cantidad de luz que puede ser absorbida por la vegetación y en la actividad fotosintética de las hojas y así en el potencial productivo y cualitativo de la cosecha.

TEMPERATURA. Iluminación y temperatura son dos factores que van acompañados. Zonas de baja temperatura diurna suelen ser zonas de baja iluminación y húmedas. La actividad fotosintética presenta un máximo hacia los 22 – 28°C siendo menor fuera de este intervalo. En zonas frescas se produce una ralentización de los procesos que conducen a la maduración de las bayas por lo que se han de emplear cultivares de ciclo corto (Pinot noir, Chardonnay, Sauvignon, etc.) para garantizar la maduración completa de las bayas, mientras que en zonas cálidas se recomienda el uso de cultivares de ciclo largo (Tempranillo, Mencía, Bobal, Cabernet sauvignon, Shiraz, Petit verdot, etc.). Los mostos procedentes de zonas frescas suelen tener las mismas características que los de zonas poco iluminadas. Los mostos de zonas muy cálidas presentan elevado contenido de azúcares y muy baja acidez. En situaciones extremas, tanto de bajas como de altas temperaturas durante la maduración, la acumulación de materia colorante es escasa y las bayas quedan poco coloreadas. En estas zonas es más interesante la plantación de variedades blancas o bien el destino de la cosecha a vino blanco.

DISPONIBILIDAD HÍDRICA. La disponibilidad hídrica asegura la incorporación al suelo del agua que la planta ha perdido por transpiración. La transpiración es un coste del proceso fotosintético; la planta abre estomas para realizar el intercambio gaseoso pero implica pérdida de agua para satisfacer la demanda atmosférica. El primer efecto de la falta de agua es la parada del crecimiento, en un estado más avanzado de déficit hídrico disminuye la apertura estomática, con la consecuente disminución de la tasa de fotosíntesis. En fases posteriores se cierran los estomas temporalmente, normalmente por la tarde, cuando las condiciones ambientales son más exigentes en agua y por último la actividad fotosintética queda reducida a un corto tiempo por la mañana. Por el contrario, un exceso de agua revertirá en un exceso de desarrollo vegetativo cuyo crecimiento competirá con los racimos por los productos de la fotosíntesis, sombreará hojas de la zona de racimos y favorecerá un microclima húmedo favorable para el desarrollo de enfermedades criptogámicas junto con una más difícil y peor distribución de las aplicaciones fitosanitarias.

Es fundamental asegurar una óptima nutrición hídrica de la planta durante la fase de maduración para garantizar la actividad fotosintética y, en consecuencia, la maduración de los racimos.

CARGA DE COSECHA: RELACIÓN SUPERFICIE FOLIAR/COSECHA.

Puesto que la maduración de los racimos depende principalmente de los productos de la fotosíntesis realizada por las hojas hemos de asegurar una cantidad suficiente de hojas para que la maduración sea completa. Se suele dar como valor de referencia la necesidad de 1 m<sup>2</sup> de superficie foliar bien iluminada para garantizar la maduración de 1 kg de cosecha. En el caso de un viñedo en secano necesitaremos 1.5 m<sup>2</sup> de superficie foliar por 1kg de cosecha ya que la actividad fotosintética a lo largo del día es menor. Estas cifras son bastantes generales, siendo válidas para muy diferentes situaciones ecológicas del viñedo, cultivar o patrón empleados.

**Bibliografía recomendada**

Martínez de Toda, F. 1991. Biología de la vid. Fundamentos biológicos de la viticultura. Mundi-Prensa. 346 pp.

- May, P. 2004. Flowering and Fruitset in Grapevines. Lythrum press. 119 pp.
- Mullins, M. G., A. Bouquet and L. E. Williams. 1992. Biology of the grapevine. Cambridge University Press. 239 pp.
- Ollat, N., P. Diakou-Verdin, J. P. Carde, F. Barieu, J. P Gaudillière and A. Moing. 2002. Grapeberry development: A review. J. Int. Sci. Vigne Vin 36 (3) : 109-131 pp.
- Pratt, C. 1971. Reproductive anatomy in cultivated grapes – A review. Am. J. Enol. Vitic. 22: 92-109 pp

