

Cambios composicionales de la baya durante el proceso de maduración y su importancia en la calidad de la uva y el vino.

Dr. Alvaro Peña Neira

Grupo de Investigación Enológica (GIE). Departamento de Agroindustria y Enología. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Tél: ++ 56-2-6785730; Fax: ++ 56-2-6785796. email: apena@uchile.cl. www.gie.uchile.cl.

La calidad del vino está fuertemente influenciada por la calidad de la materia prima utilizada durante el proceso de vinificación. Los factores que afectan el desarrollo de la baya son variados, pudiendo mencionarse entre otros, el lugar de implantación del viñedo con todo lo que ello conlleva, como tipo de suelo y el efecto del mismo sobre la disponibilidad hídrica y nutricional; clima de la zona y su efecto térmico y lumínico, que tendrá una gran influencia no solo en procesos como la inducción y diferenciación floral, sino que además durante toda la etapa de desarrollo de la baya, afectando el proceso fotosintético y las rutas de síntesis directa e indirectamente relacionadas con el mismo, como es la síntesis de azúcares y a partir de ellos de ácidos y metabolitos secundarios responsables del color, cuerpo, aroma, etc.. Adicionalmente se verán afectados procesos de respiración metabolitos tales como ácidos y algunos compuestos aromáticos.

Como se aprecia en la Figura 1, suelo, clima y los manejos agronómicos implementados, están íntimamente ligados también con el desarrollo morfológico del fruto, afectando su tamaño final, y por ende la relación superficie/volumen del mismo, lo que implica contar con una mayor o menor cantidad de hollejos y semillas en relación al tamaño de la baya, y por tanto con una mayor o menor concentración de aromas y antocianos, localizados en los hollejos, taninos localizados en hollejos y principalmente en las semillas y por supuesto ácidos y azúcares presentes en las células de la pulpa.

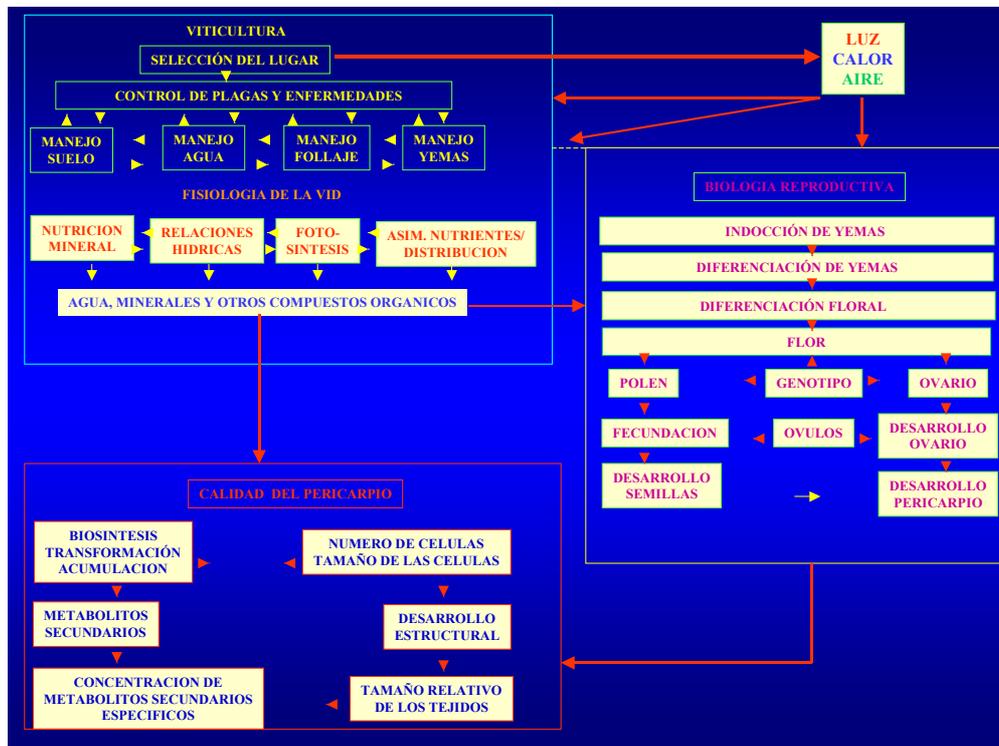


Figura 1. Relación entre los factores ambientales, manejo agronómico y desarrollo de una baya de calidad (modificado de Coombe B.G. and McCarthy M.G.; 2000).

Como se aprecia en la Figura 2, el crecimiento y desarrollo de la baya comprende tres etapas. La primera etapa se caracteriza por una rápida división celular en que la baya acumula principalmente ácido málico. Si bien existen pigmentos clorofílicos, el fruto en esta etapa tiene una tasa respiratoria negativa, es decir, consume más de lo que produce, importando vía xilema y floema parte importante de sus requerimientos energéticos. Es en esta etapa en la que el fruto es más susceptible al riego deficitario para manejar el tamaño final de la misma. Sin embargo, es preciso recordar que tanto durante el proceso de floración, y unas dos semanas antes del mismo, etapa que coincide con la inducción floral e inicio de la diferenciación floral, es fundamental entregar un aporte hídrico adecuado. Al término de la primera etapa, se produce una detención del crecimiento de prácticamente todas las partes de la baya, excepto las semillas. En esta etapa se produce una interrupción de los haces vasculares xilemáticos, manteniéndose el aporte hídrico y de azúcares sintetizados en las hojas únicamente por los haces floemáticos. Dicho aporte en algunas variedades como Shiraz y al parecer Merlot, también se ve interrumpido en la fase final de la tercera etapa (maduración), produciéndose una deshidratación del fruto.

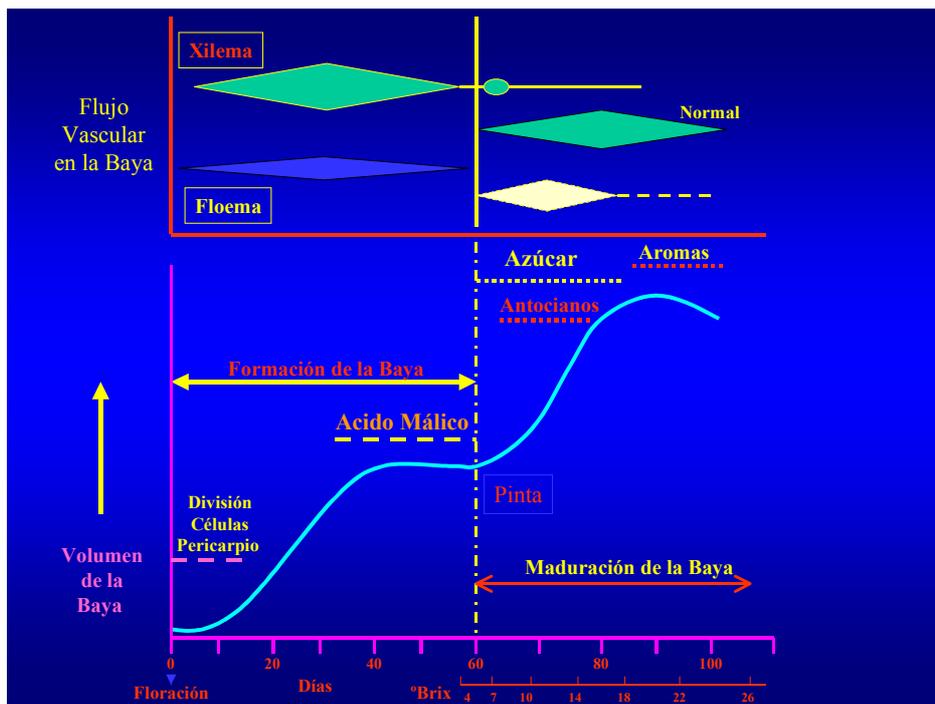


Figura 2. Flujo vascular y etapas de desarrollo de la baya de *Vitis vinifera* L.

Como se aprecia en la Figura 3, existe una alta interrelación en la ruta de síntesis de **metabolitos primarios** (directamente relacionados con el crecimiento y desarrollo de un vegetal) tales como azúcares, aminoácidos, lípidos, etc. y **metabolitos secundarios** tales como **compuestos fenólicos y terpenos**. Si bien estos últimos no están relacionados directamente con el crecimiento y desarrollo de los vegetales, son fundamentales para la

obtención de un vino de calidad, al estar los primeros relacionados con el cuerpo, color, astringencia y amargor, y los segundos con el aroma de los vinos.

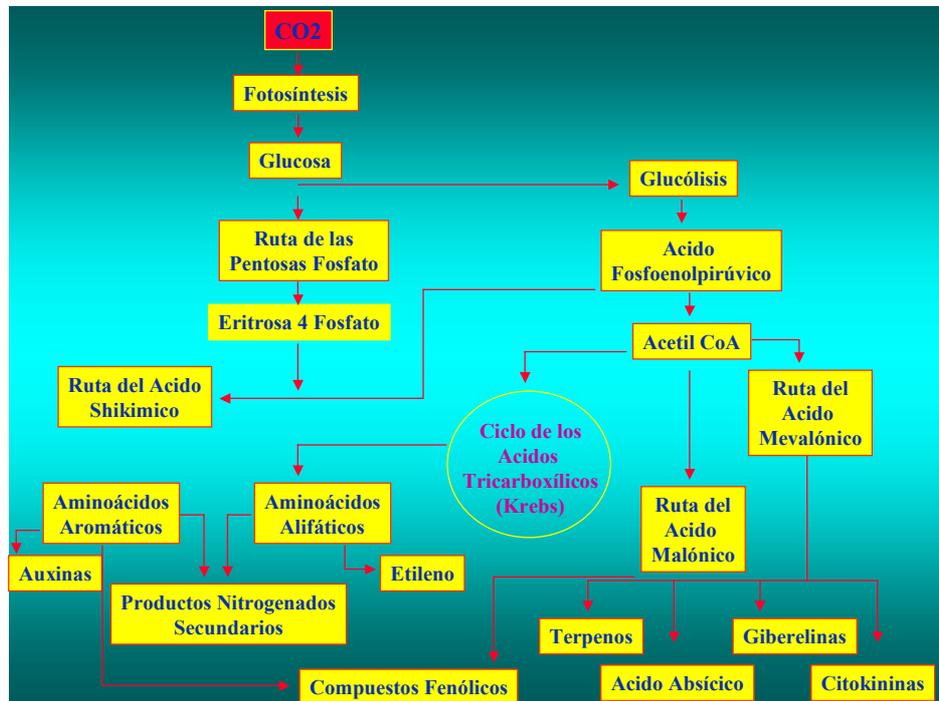


Figura 3. Relación simple de algunas rutas de síntesis de compuestos de importancia para el desarrollo y calidad composicional de una baya de *Vitis vinifera* L.

Como se ha señalado antes, cualquier trastorno del proceso fotosintético como un mal manejo del follaje (canopia) que implique un excesivo sombreamiento de las capas de hojas interiores, estrés hídrico que conlleve un prolongado cierre estomático, y con esto una baja tasa de asimilación de CO₂ atmosférico, por nombrar solo algunos problemas, significarán trastornos en el desarrollo de la baya, en su maduración y síntesis de compuestos (Fig. 4).

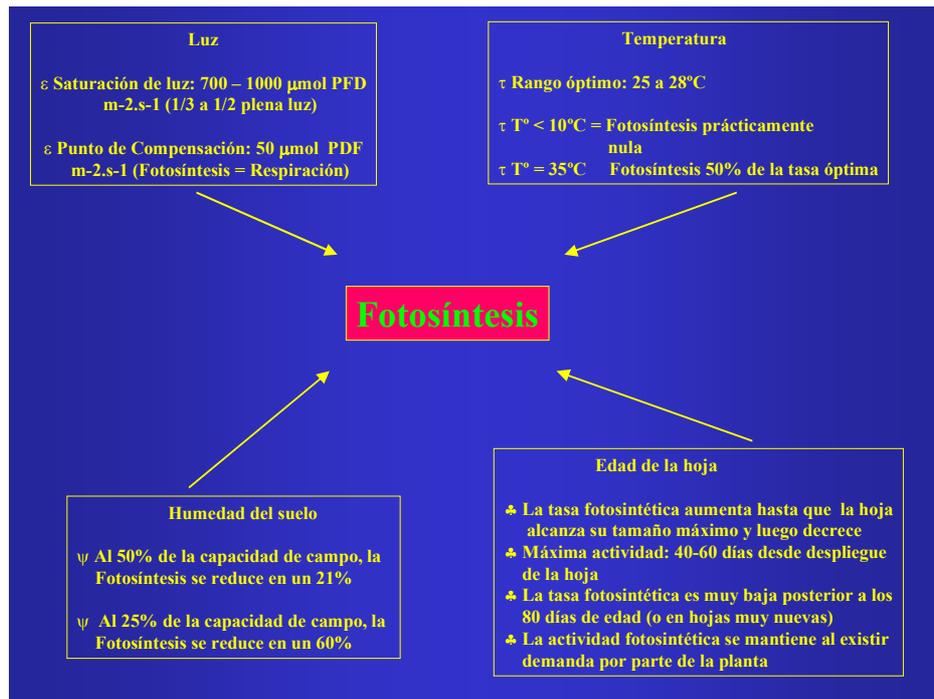


Figura 4. Algunos factores que afectan la fotosíntesis en la vid (Moreno, 2002).

Las bayas de la vid son no climatéricas, es decir, no continúan madurando una vez cosechadas. El proceso de maduración a diferencia de otros frutos como manzanas o peras, no está regulado por el etileno, sino que por las auxinas y el ácido absísico (ABA). Ambas hormonas siguen un comportamiento inverso durante el desarrollo y la maduración de la baya, aumentando las auxinas hasta la pinta, para luego disminuir, experimentando el ácido absísico un aumento desde la pinta. Cada baya es independiente de otra en un mismo racimo, lo que se comprueba al momento de pinta o envero, en que cada baya lo alcanza en diferente momento.

Es a partir de la sacarosa sintetizada en las hojas y que es transformada en glucosa y fructosa en la baya por acción de la enzima isomerasa, que comienza el proceso de síntesis de otros importantes compuestos. Con el desarrollo de la baya, las vacuolas de la pulpa comienzan a llenarse no sólo de azúcares, sino que además de ácidos orgánicos tales como los ácidos tartárico, málico y en mucho menor medida cítrico. Los ácidos con el tiempo serán respirados por las células permitiendo así la síntesis de otros compuestos, o bien como ocurre con el ácido tartárico, se unen a cationes como el potasio y calcio, formando sales, o con compuestos fenólicos como los ácidos cinámicos formando ésteres de los mismos. Todo lo anterior se verifica fácilmente al observar cómo disminuye la acidez total durante el proceso de maduración.

El proceso de respiración se vuelve más lento en zonas de climas fríos o en racimos con sombreado excesivo (por una menor actividad enzimática). Así a 10°C es prácticamente nulo (al igual que la fotosíntesis), a los 25°C aumenta a $0,5-1 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ y a los 35°C a $1-2 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Una de las ventajas de la zona vitivinícola chilena es la disminución de las temperaturas ambientales por la tarde y noche durante el período de maduración de las bayas, con la consiguiente disminución del coeficiente de respiración.

En cuanto a los compuestos nitrogenados hay comportamiento disímil durante la maduración. Las proteínas de la baya aumentan desde el envero hasta el momento de la cosecha, mientras que algunos aminoácidos como la prolina aumentan y otros como la arginina disminuyen. Esto no es un tema menor, si se considera que las proteínas son

responsables de algunas quiebras en el vino, y que a diferencia de la arginina, la prolina no es un aminoácido asimilable por las levaduras durante el proceso fermentativo.

En cuanto a los compuestos aromáticos, como se aprecia en la Figura 3, su ruta de síntesis tiene un precursor común (el ácido mevalónico) que coincide con la ruta de síntesis de importantes hormonas como giberelinas, citoquininas y ácido abscísico, teniendo todos una cercana unión con la ruta de síntesis de lípidos (a diferencia de los compuestos fenólicos que están más relacionados con las rutas de síntesis de aminoácidos aromáticos como metionina y fenilalanina). Los terpenos se encuentran normalmente unidos a azúcares, liberándose de los mismos durante el proceso fermentativo, expresando de esta forma sus aromas característicos. Hay otros compuestos aromáticos, los C₁₃-norisoprenoides, que aumentan su concentración en la baya con la maduración, ya que se originan a partir de los carotenoides que se degradan durante el mismo período.

Hay otros compuestos aromáticos con notas a pimiento verde, las pirazinas, que disminuyen durante el período de maduración y que si bien son sensibles a la luz, degradándose en exposición directa a la misma (por lo que un deshoje oportuno y una buena iluminación de los racimos es muy importante en variedades con altos niveles de pirazinas como Carmenère), al parecer no se ven afectadas por el nivel de producción.

Finalmente, los compuestos fenólicos experimentan un comportamiento que depende del grupo o familia, y del tejido de la baya que se trate. Así los taninos condensados disminuyen en la semilla desde la pinta en adelante al parecer por un proceso de oxidación, lo que se verifica adicionalmente en el cambio de la coloración de las semillas (que se vuelven más marrones). En el caso de los hollejos, los taninos no solo aumentan en su concentración, sino que además en su tamaño (grado de polimerización), siendo esto último clave ya que esto permite cambios sensoriales importantes en el nivel de amargor y astringencia. En las células de la pulpa, las vacuolas que contienen taninos comienzan a disminuir rápidamente desde la pinta, dando paso a las vacuolas que contendrán otros compuestos como azúcares y ácidos. En cuanto a los antocianos, estos aumentan desde la pinta concentrándose en vacuolas y organelos específicos conocidos como antocianoplastos. Su síntesis está muy ligada al contenido de azúcares de las células de la pulpa más cercanas a la hipo y epidermis. La síntesis de todos los compuestos fenólicos depende en gran medida de la actividad de la enzima fenilalanina amonio liasa (Figura 5), cuya actividad es termo y lumínico dependiente. Por lo anterior, nuevamente el manejo del follaje y el grado de exposición de los racimos es clave para obtener óptimos resultados. La sobreexposición de los racimos a la luz puede implicar que las bayas, que normalmente alcanzan temperaturas entre 5 a 10°C mayores que las ambientales, pierdan irreversiblemente coloración producto de una destrucción de las moléculas de antocianinas, la cual se verifica con temperaturas por sobre 35-40°C.

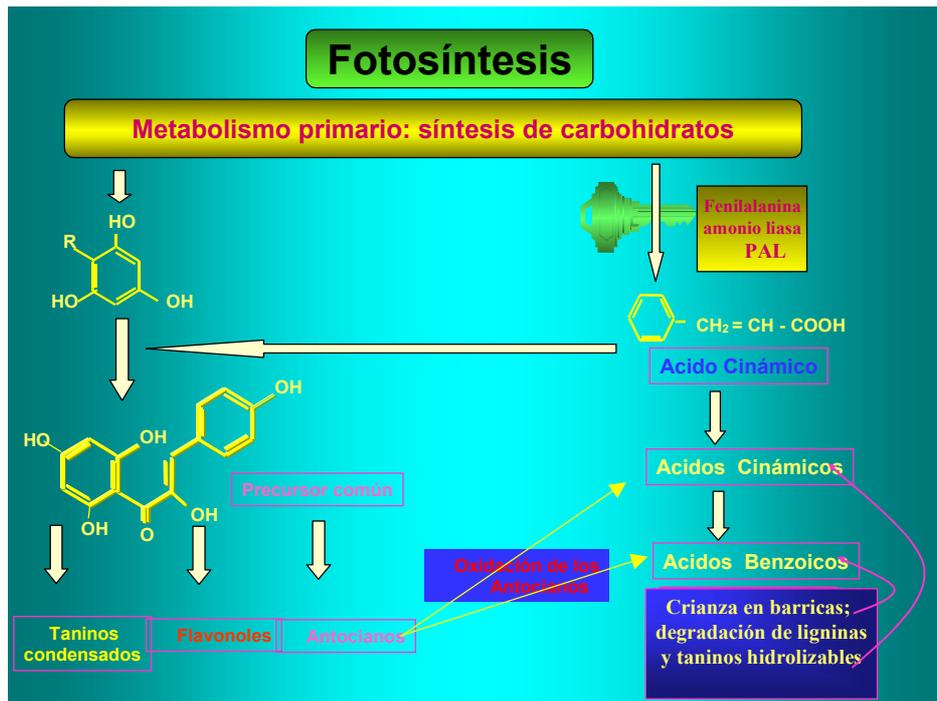


Figura 5. Esquema de la síntesis de los compuestos fenólicos.