

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA
MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMIA



**FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DEL COLOR
EN UVA DE MESA**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

SILVIA PERALTA ANTICONA

LIMA – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO
DEL COLOR EN UVA DE MESA”**

Presentado por

SILVIA LUZ PERALTA ANTICONA

Trabajo de Suficiencia Profesional

para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:

Dr. Oscar Loli Figueroa
PRESIDENTE

Ing. M.S. Andrés Casas Díaz
ASESOR

Ing. M.S. Gilberto Rodríguez Soto
MIEMBRO

Ing. M.S. Walter Apaza Tapia
MIEMBRO

Lima – Perú
2017

INDICE

INDICE	1
I INTRODUCCIÓN	2
II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 CALIDAD EN UVA DE MESA	4
2.1.1 COMPETITIVIDAD PARA PRODUCTOS ALIMENTICIOS:	4
2.1.2 CALIDAD EN UVA DE MESA	5
2.2 DESARROLLO DE COLOR EN UVA DE MESA	7
2.2.1 FISIOLÓGÍA DE CRECIMIENTO DE LA BAYA DE LA VID	7
2.2.2 FISIOLÓGÍA DEL COLOR	18
2.2.3 FACTORES EXTERNOS QUE AFECTAN EL COLOR	24
2.2.4 INFLUENCIA DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL COLOR DE UVA DE MESA	31
2.3 MANEJO DEL COLOR EN UVA DE MESA ROJA	37
2.3.1 CONSIDERACIONES AGRONÓMICAS PARA EL DESARROLLO DEL COLOR EN UVA DE MESA	37
2.3.2 USO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE COLOR EN UVA DE MESA	41
2.3.3 RESIDUALIDAD DEL ÉTHEPHON	42
III APRECIACIONES FINALES	45
3.1 NIVEL DE BENEFICIO OBTENIDO	45
3.1.1 MANEJO AGRONÓMICO PARA EL DESARROLLO DE COLOR	45
3.1.2 USO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO	46
IV CONCLUSIONES	47
V RECOMENDACIONES	48
VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

I INTRODUCCIÓN

El cultivo de vid en el Perú ha ido ganando un espacio muy importante a nivel de agro-exportación; según el MINAGRI confirma que somos el quinto proveedor de uva en el comercio exterior y el segundo exportador del mercado de Estados Unidos, detrás de Chile. Los departamentos con mayor producción de uvas son Ica (38%), Piura (31%), Lima (12%) y La Libertad (8%). Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), Piura es la región con mayor rendimiento de uvas con 29.5 TM por hectárea, seguida de Ica con 21.1, La Libertad con 20.8 y Arequipa con 20.6. El Perú consiguió un nuevo récord con la exportación de uvas de mesa en el 2016, alcanzando USD 634,424,838 FOB superior en más de 5% al año anterior. Para el 2017, la expectativa es más alentadora ya que al momento, de enero a abril hemos conseguido exportar USD 231,032,858 FOB lo cual supera en más del 18% al mismo periodo del 2016.

La uva de mesa peruana tiene como principal oportunidad en el mercado, las ventanas comerciales que alcanzamos, como el verano nórdico o el año nuevo chino, momento en que pocos países podían cubrir esta demanda y los precios solían ser elevados. El mercado de uva crece constantemente, así lo confirma la revista “The Packer” cuya estimación de crecimiento para este producto, a nivel mundial es de 10% anual para el 2017. Esta madurez de mercado nos da líneas claras de solidez del mismo, pero también de alta competencia, lo cual se ve reflejado en la mayor producción de otros países tratando de alcanzar las ventanas comerciales donde ya se encuentra posicionada la fruta peruana, esta mayor oferta se traduce en reducción de precios para dichas ventanas y mayores alternativas para elegir uva de mesa por parte de nuestros clientes actuales y potenciales, que optarán por la calidad y volumen constante.

Los precios de las uvas se han mantenido bajos en las últimas campañas. Sin embargo, han mostrado un mejor comportamiento en el mercado estadounidense, en comparación con China y los mercados europeos, menciona el diario Gestión, quien además presenta a la demanda en Estados Unidos como robusta especialmente por las variedades sin semilla; es por tal que si queremos mantenernos competitivos en la industria de la agro-exportación los productores de uva de mesa deben de alcanzar rendimientos exportables elevados, manteniendo los costos operativos de manera eficiente, y alcanzando un producto de alta calidad y condición que le permita llegar a los clientes más exigentes, y con ello alcanzar mejores precios.

Uno de los factores más significativos en cuanto a calidad visual de la uva es el color, debido a los muchos factores que afectan su expresión; se ven porcentajes importantes de descarte o quejas de calidad debido a este parámetro en la uva de exportación. A partir de estos antecedentes se optó por desarrollar el presente Trabajo de Suficiencia Profesional para optar por el Título de Ingeniero Agrónomo, el cual, mediante la compilación de información basada en revisión bibliográfica y experiencia de 8 años en el sector agro-exportador de uvas de mesa en el Valle de Ica detalla los factores fisiológicos y externos, así como el uso de reguladores de crecimiento que nos permitan utilizar las herramientas adecuadas para el correcto desarrollo de color en uva de mesa, que se traducirá en una mayor rentabilidad y competitividad en el mercado.

II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CALIDAD EN UVA DE MESA

2.1.1 Competitividad para productos alimenticios:

Para que un producto alimenticio sea competitivo en un mercado globalizado es necesario que cumpla con tres requisitos fundamentales: Inocuidad alimentaria, condición y calidad. A continuación, se hará una breve reseña de cada uno de estos.

Inocuidad alimentaria: Es una característica no negociable y legal del producto alimenticio, la cual garantiza que éste no ocasionará ningún tipo de daño al consumidor. Dentro de los principales factores de riesgos para los productos agrícolas son el cumplimiento de los Límites Máximos de Residuos (LMR) para cada destino, de cada ingrediente activo utilizado; sin carga microbiológica que se deberá de asegurar mediante el control de ingreso del producto y todas las actividades que tengan relación con el mismo, que puedan generar algún tipo de contaminación. El no cumplimiento ocasiona el rechazo inmediato del producto y puede terminar en la veta de la empresa o hasta el país, con posibles consecuencias legales.

Condición: De acuerdo a la Norma del Codex para las uvas de mesa (CODEX STAN 255-2007) “el desarrollo y condición de las uvas de mesa deberán ser tales que les permitan:

- Soportar el transporte y la manipulación; y
- Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.”

Para evitar que la fruta tenga problemas de condición, es necesario que cuente con una buena nutrición y características fitosanitarias que le permitan resistir el tiempo y las condiciones ambientales en el trayecto. Son características que, por lo general, no se visualizan al momento de cosecha o empaque y que se generan y evolucionan durante el almacenamiento y traslado de la fruta.

Una gran desventaja que se debe de tener en cuenta con la fruta peruana, son los largos trayectos a destino, entre 30 a 50 días desde el momento de cosecha.

Calidad: Cumplimiento del producto con los atributos deseados por el mercado de destino. Ya que la calidad son parámetros subjetivos, podemos alcanzar mercados con distintos niveles de exigencia de acuerdo a las características de nuestro producto. Por tal, la calidad es un requisito negociable; impacta en el precio y en el prestigio del exportador. Los atributos organolépticos requeridos para la uva de mesa están basados en el sabor: Sólidos Solubles Totales (SST), acidez titulable y la relación entre ambas; en la textura: firmeza de la baya; en el olor: sin olores extraños; en lo visual: color, uniformidad del racimo, sin defectos externos, o sustancias extrañas.

2.1.2 Calidad en Uva de mesa

Al ser un fruto climatérico, que no continúa su proceso de madurez fuera de la planta; y tener una madurez asincrónica, donde es posible encontrar diferencias en la maduración entre fruta de un mismo lote, de una misma planta e inclusive entre bayas en un mismo racimo, la cosecha de la uva es un punto determinante debido a que es necesario que cumpla con todas las exigencias requeridas por los clientes.

Algunos de los parámetros de calidad exigidos para la exportación de uva de mesa son:

Calidad Exportable: De acuerdo a la Norma del Codex para las uvas de mesa (CODEX STAN 255-2007) “los requisitos mínimos de calidad en todas las categorías, a reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, los racimos y los granos de uva deberán estar:

- Sanos, y exentos de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para el consumo;
- Limpios y prácticamente exentos de cualquier materia extraña visible;
- Prácticamente exentos de plagas, y daños causados por ellas, que afecten el aspecto general del producto;

- Exentos de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- Exentos de cualquier olor y/o sabor extraño;
- Prácticamente exentos de daños causados por bajas y/o altas temperaturas.”

Retamales y Defilippi (1994) menciona otros problemas de calidad para la uva de mesa, tales como:

- Deshidratación de raquis y bayas
- Desgrane
- Pardeamiento
- Palo negro
- Falta de firmeza y crocancia
- Blanqueamiento
- Partiduras

Además, los granos de uva deberán estar:

- Enteros;
- Bien formados;
- Normalmente desarrollados

La pigmentación debida al sol no constituye un defecto siempre que afecte sólo la piel de los granos de uva.

Algunos de los principales problemas de condición recurrentes en uva de mesa son la pudrición, presencia de hongos, micelio, deshidratación del raquis, deshidratación de la baya, pardeamiento interno, entre otros.

Para determinar el momento adecuado de la cosecha en este cultivo, se consideran los atributos de sabor que están regidos por los sólidos solubles totales o cantidad de azúcar en la baya, la acidez titulable y la relación entre ambos parámetros; el cual varía significativamente entre variedades y destinos. Se espera que para el momento de

madurez de las uvas tintas, se haya alcanzado adicional a estas características, el color deseado para la variedad. Sin embargo, el proceso de madurez *per se* no conlleva al desarrollo y expresión del color, como veremos más adelante, debido a los muchos factores que intervienen e influyen durante este proceso.

Tal como vemos, los atributos de calidad en uva de mesa son muchos, siendo el tema del desarrollo de color uno de los que tienen mayor impacto visual en la uva de mesa y también uno de los que está más influenciado por factores externos.

Retamales y Defilippi (1994) menciona que “el color es una característica fundamental para la calidad de la uva de mesa, y que éste a su vez está influenciado por diferentes factores de índole varietal, ambiental o de manejo”.

2.2 DESARROLLO DE COLOR EN UVA DE MESA

2.2.1 Fisiología de crecimiento de la baya de la vid

Las uvas al ser frutos no climatéricos se caracterizan por no presentar un alza en la respiración durante el proceso de maduración, lo que implica que la fruta, según Retamales y Defilippi (1994) “no evolucionará en sus parámetros de madurez y contenido de azúcar una vez que haya sido cosechada y no tenga abastecimiento desde la planta”; lo cual implica que todas las características de calidad deseadas se deben conseguir previo a la cosecha. La composición del sabor ha sido definida como un atributo complejo de la calidad de la fruta, siendo desde la perspectiva de los consumidores, las principales características organolépticas dadas por los azúcares (Sólidos solubles totales), ácidos volátiles (acidez titulable) y el balance entre estos; una vez alcanzados estos la fruta está lista para la cosecha, siempre y cuando tengamos el color requerido, para uvas de color; el aroma si bien no es un atributo medible para uvas de mesa, puede ser influyente.

Para describir un poco la fisiología de la vid, Stafne y Martinson (2011) comentan que conforme la uva se va formando, los nutrientes necesarios para su desarrollo son proveídos a través del sistema vascular de la planta, llamado floema y xilema. El xilema transporta agua, minerales, reguladores de crecimiento, azúcares y otros nutrientes desde la raíz hasta las diversas partes de la planta, jugando un papel muy importante en el

desarrollo de la uva desde las etapas tempranas hasta el envero. El floema es responsable de la transportación de los carbohidratos desde las hojas hasta la parte principal de la vid, subsecuentemente hasta la uva o el fruto. Al principio del desarrollo de la fruta, el floema tiene una función relativamente pequeña, sin embargo, se convierte en la principal fuente para la alimentación del fruto después de que inicia el envero. Con esto podemos deducir la alta importancia que tiene la nutrición de la planta previa a esta etapa de formación de la uva para el buen desarrollo del fruto y no sólo darle la relevancia a partir del envero.

Acerca de los cambios a través de la formación de la baya, poca es la investigación realizada en uva de mesa, la mayoría de estudios realizados han sido desarrollados en uvas para vino, estos sólo podemos tomarlos como referenciales, debido a las muchas diferencias que encontramos entre uno y otro, como las características a la cosecha ya que las variedades para vino requieren alcanzar un determinado brix y acidez, importando poco las características de apariencia externa como color o diámetro son poco importantes; el comportamiento de la uva con presencia de semilla versus la tendencia apirena de la uva de mesa debido a múltiples factores, como la función de las semillas de almacenar antocianinas; adicionales a estas consideraciones la uva de mesa debe contar con una mejor vida post-cosecha debido al tránsito más largo que debe realizar antes de llegar al mercado de destino.

Stafne y Martinson (2011) citando a Kenney (2002) mencionan que el fruto de la uva es una fábrica bioquímica que contiene agua, azúcar, amino ácidos, minerales y micronutrientes. La producción de los componentes que producen el sabor y el aroma ocurre también durante la formación del fruto. También afirman que la variabilidad entre frutos dentro de un mismo racimo o entre racimos de la misma planta puede existir y claro está, entre plantas de la misma variedad (clones) o entre las plantas de vid del mismo viñedo. Coincide Catania y Avagnina (2007) catalogando la madurez de la uva como un fenómeno asincrónico, debido a que madura a tiempos diferentes las uvas de distintas cepas, del mismo cuartel, los racimos de una misma planta, y los granos de un mismo racimo.

Muñoz *et al.* (2011), en un estudio de investigación elaborado en las mismas condiciones agroclimáticas para tres variedades de uva de mesa (Thompson seedless, Red Globe, Crimson seedless), cuyo objetivo fue el de caracterizar los cambios en la composición de azúcares y ácidos orgánicos, muestran que no es apropiado usar un solo atributo para todas las variedades de uvas de mesa para determinar la cosecha comercial; un ejemplo es el total de sólidos solubles, los cuales muestran diferencias importantes en los azúcares y ácidos orgánicos individuales para los estadios iniciales del desarrollo de la baya entre las tres variedades estudiadas. Estas diferencias pueden ser significativamente afectadas por el sabor en general. Esto demuestra que cada variedad tendrá características y requisitos diferenciados para alcanzar sus distintos atributos de calidad, entre ellos el color.

La bibliografía, con respecto a la fenología del desarrollo del fruto de vid, divide las etapas de crecimiento en tres, caracterizadas por una curva doble sigmoidea, la cual, según Retamales y Defilippi (1994) presenta dos momentos de mayores tasas de ganancia de diámetro y peso de la baya, al inicio y al final de la curva. Lavín (1985) cita a Salisbury y Parke (1968) quienes mencionan que el crecimiento considera, biológicamente, dos aspectos: aumento de tamaño y aumento de complejidad o diferenciación, lo que puede ocurrir a nivel celular, tisular o de la planta completa.

Lavín (1985) cita a Winkler *et al.* (1974) quien resume los tres periodos de crecimiento de la siguiente manera: En el primero, el desarrollo del pericarpio se debe a una rápida división celular, que dura hasta 3 a 4 semanas después de anthesis. En el segundo, que dura de 2 a 4 semanas, la tasa de crecimiento disminuye notablemente. En el tercero, llamado “aumento final de volumen”, el crecimiento es acelerado, y sólo se debe a elongación celular, durante 5 a 8 semanas.

Cataniay Avagnina (2007) menciona coincidentemente que a partir del cuaje el grano de uva comienza a crecer en tamaño por multiplicación de las células, luego detiene el crecimiento y días después comienza el envero.

La figura 1 muestra la curva sigmoidea del crecimiento de la baya de vid mencionada y a continuación se detallarán las 3 etapas de crecimiento:



Figura 1: Curva sigmoidea del crecimiento de la baya de vid.

Etapa I: Formación de la uva: En esta primera etapa la fruta se empieza a formar. Inicia en la floración y dura aproximadamente 60 días (Stafne y Martinson, 2011), que difiere de las 3 a 4 semanas mencionadas por Lavín (1985), en los cuales las uvas crecen como resultado de la división celular. “El crecimiento está regido por las hormonas de crecimiento como son las auxinas y las giberelinas.” (Catania y Avagnina, 2007); el fruto se expande en volumen debido a la multiplicación de células y al mismo tiempo acumula soluciones como ácidos tartáricos y málicos, y se acumula poca azúcar. Léglise (1994), en función a esto, menciona que en los primeros estadíos el grano es pequeño; se comporta en forma semejante a una hoja, como un órgano asimilador, elabora almidón a través de los cloroplastos. Es en este momento en el que se define el tamaño del grano (Catania y Avagnina2007). Su acidez total es elevada. Contiene glucosa en proporciones que no sobre pasan el 2%y según los estudios de investigación de Muñoz *et al.* (2011), se evidenció que en los estadíos tempranos la glucosa fue el azúcar más abundante en la baya.

De acuerdo a Orriols (2006) las dos hexosas esenciales en la uva (glucosa y fructosa) provienen directamente a partir de la sacarosa, la cual es sintetizada a partir de la fotosíntesis en todas las partes herbáceas de la planta, principalmente de las hojas, hidrolizándose posteriormente en glucosa y fructosa en la pulpa; e indirectamente a partir del almidón, el cual es puesto en reserva dentro de las paredes celulares cuando la planta fabrica más azúcar de la que consume; es hidrolizada en el caso contrario.

La sacarosa es la primera azúcar que se forma en la planta, parte de esta es consumida por la respiración y el resto se transforma en almidón. De acuerdo a Orriols, 2006, las hojas sólo comienzan a exportar azúcares cuando han alcanzado entre un 30 y 50% de su superficie definitiva que sólo se detiene en el momento en que las hojas han llegado al 75-80% de su superficie. Los azúcares elaborados por las hojas son utilizados en primer lugar para satisfacer sus necesidades. Los azúcares no consumidos son distribuidos a los demás órganos: yemas, pámpanos, troncos, raíces y uvas.

En vides poco vigorosas, cuyo crecimiento se ha detenido, las bayas son alimentadas por los órganos vitales. Vides vigorosas, tienen la posibilidad de fotosintetizar más que las débiles, poseen más hojas jóvenes y sufren menos por las carencias hídricas, pero los azúcares formados son derivados hacia la respiración y el desarrollo vegetal en detrimento de las bayas.

Los estudios de Muñoz *et al.*, 2011, mostraron que hay otros compuestos solubles como los ácidos orgánicos que afectan los SST. Estos ácidos tartáricos, málicos, cítricos, se encuentran principalmente acumulados en la pulpa del racimo bajo formas libres y combinadas (principalmente como sales de potasio). Los ácidos tartáricos y málicos representan el 90% de la acidez total, el otro 10% es debido al ácido cítrico y otros ácidos presentes, entre los que destacan el pirúvico, glutárico, oxalacético, oxálico, fumárico. Estos ácidos irán disminuyendo su concentración a lo largo de la maduración de la uva (Orriols, 2006).

Orriols (2006) también menciona que el ácido tartárico es un biácido fuerte, producto del metabolismo de los azúcares, sintetizado a partir de las hexosas en las hojas muy jóvenes y en las partes verdes del racimo. Debido a que posee dos grupos –OH próximos, forman

compuestos con el K y el Ca. Este ácido proviene de la oxidación de la glucosa ligada a la actividad respiratoria. Stafne y Martinson (2011) menciona que el ácido tartárico se acumula principalmente en la piel o cáscara del fruto.

El ácido málico es también un biácido pero su fuerza ácida es menor que la del ácido tartárico y proviene de la hidrogenación del ácido oxalacético; es poco estable, en su formación incide directamente las condiciones de maduración temperaturas bajas, menores de 30°C, originan mayor concentración de este ácido, el tipo de variedad y la forma de conducción de la vid influyen en su concentración. Tanto el ácido málico como el cítrico provienen de un proceso llamado ciclo de Krebs.

El ácido cítrico es un triácido que se encuentra en concentraciones muy bajas dentro del perfil total de acidez en uva de mesa.

La acidez total es variable, como la cantidad de azúcar; la acidez málica es sobretodo abundante en los frutos verdes, que comunican el gusto acervo y herbáceo.

La Etapa II: Fase de atraso: Stafne y Martinson (2011) mencionan que esta etapa empieza con una pausa en el crecimiento de la uva ya que los embriones que están contenidos en la semilla empiezan a formarse y a crecer (para el caso de uvas con semilla) que debe marcar una diferencia para las uvas apirenas. La división celular se detiene temporalmente, y el crecimiento subsecuente se lleva a cabo a través del alargamiento de las células.

Esta etapa se caracteriza por observarse una pausa en el crecimiento del fruto. Al inicio de esta fase los frutos han alcanzado al menos la mitad de su tamaño que tendrán al final de su crecimiento. Después de 5 a 10 días de iniciada esta fase las células se expandirán y continuarán acumulando ácidos y taninos, los cuales alcanzarán su máximo nivel en el envero.

La glucosa sigue siendo el azúcar más abundante en los primeros estadios, cerca del envero.

Etapa III: Post Envero – Maduración de fruto: Esta etapa inicia en el envero y la madurez fisiológica, cuando las uvas cambian de color y se hacen más suaves y jugosas. Durante esta fase las uvas duplican su tamaño, aumentan su peso y ocurren numerosos cambios caracterizados porque las uvas acumulan azúcar y metabolizan ácidos y taninos que hacían poco apetecible a la fruta (Stafne y Martinson, 2011). Según Orriols (2006), en esta etapa la uva se convierte en un centro de demanda prioritario; funciona como un órgano de reserva acumulando los productos que migran desde las hojas (Léglise, 1994).

El riego contribuye a aumentar el tamaño y el peso de la fruta. El diámetro máximo se alcanzaría cuando la concentración de azúcar es máxima. Temperaturas de 32 °C o más, durante la floración o cuaja, reducirían el tamaño final de la baya, debido a su menor número de células por baya menciona Lavín (1985) citando a Kliewer y Schultz (1973). Si la baya sobrepasa un diámetro de 4 mm. adquiere cierta resistencia a la desecación, inducida por estrés hídrico. (Orriols, 2006).

Uno de los cambios más significativos después de envero es el aumento en los componentes como glucosa y fructosa que provienen de la sacarosa. Las concentraciones de estos azúcares dependen de diferentes factores como el vigor de la vid, tiempo de colgado, el tamaño de la cosecha, el tamaño de la canopia, enfermedades, el agua y los metabolitos secundarios. La insolación es un factor fundamental para la síntesis de azúcares. (Orriols, 2006).

Durante los primeros 20 días después del final del envero, los azúcares aumentan rápidamente, ascendiendo de 5 a 10 gr/l por día; la tasa de fructosa aumenta mientras que la de glucosa baja (Léglise, 1994). Su acumulación es más rápida que el aumento de volumen de la baya. Durante los últimos días previos a la cosecha, el contenido medio en azúcar ya no aumenta, permaneciendo casi invariable (Orriols, 2006). La concentración de azúcar comienza a aumentar durante la séptima semana post-floración y la tasa de incremento es mayor durante la novena y décima semana (Lavín, 1985).

La literatura menciona que los principales azúcares para la concentración de los sólidos solubles totales son glucosa y fructosa, estando presente la sacarosa pero en un porcentaje poco significativo; esto se ve respaldado por los estudios de investigación de Muñoz *et*

al. (2011), al momento de cosecha, se evidenció que a partir de esta etapa la glucosa fue decreciendo hasta el momento de cosecha, cuando la cantidad de fructuosa y glucosa convergieron a un promedio de 47% para cada azúcar; por otro lado Orriols (2006) comenta que la relación Glucosa/Fructosa suele ser inferior a 1, es decir que la Glucosa llega a reducir a porcentajes inferiores que los niveles de fructosa presentes, tal como hemos visto todo esto dependerá de las condiciones externas. Los rangos de concentraciones de azúcares encontrados en el estudio de Muñoz *et al.* (2011) fueron los siguientes: fructosa (0,15-8,74 g/100g de uva), glucosa (0,19-8,71 g/100 g de uva), y sacarosa (0.02-0.91 g/ 100g de uva). También se menciona en la literatura que la concentración de almidón en la baya es prácticamente insignificante.

Basados en el conocimiento ganado de la composición de los azúcares en las diferentes variedades y en la definición de dulzura dado por el poder edulcorante de la sacarosa, un análisis teórico de dulce fue realizado por Muñoz *et al.* (2011) citando a Godshall (1988), muestra que la dulzura de la fructosa tiene un valor de 173, mientras que la glucosa tiene un valor sólo de 74 unidades. Basado en el análisis, un valor de dulzura relativa fue dado para cada variedad estudiada. Los resultados de estos análisis, combinados con los niveles de azúcar medidos en las variedades mencionadas, corroboraban que la mayor contribución de la dulzura de la uva de mesa durante el periodo de muestra fue la fructosa, seguido de la glucosa y sacarosa. Esta predominancia de fructosa puede deberse al índice fuertemente ponderado de fructosa a pesar de que haya estado a la misma concentración de glucosa en nuestro estudio. Tal como se mencionó, el resto de la dulzura es principalmente atribuida a la glucosa como un resultado de la alta concentración. Las tres variedades estudiadas mostraron un comportamiento similar en la contribución de azúcares en la dulzura en general a través del progreso del desarrollo de la baya. Así, estos resultados muestran que las diferencias en dulzura para cada variedad de uva de mesa dependen más en la cantidad total de azúcares presente en la variedad que en la proporción de azúcares presente en la baya. Sin embargo, esto puede ser diferente en variedades con alto contenido de sacarosa.

Según Muñoz *et al.* (2011), una reducción en la acidez titulable (AT) cerca del 4% fue observada durante el desarrollo de la baya en las tres variedades estudiadas, los mayores cambios ocurrieron cerca de la etapa de envero (semana 5 y 6 previo a cosecha), donde

se evidencia una fuerte caída en contenido de ácido málico, debido principalmente a oxidación respiratoria, que antes de esto contabilizaba más del 50% del total de unidades de ácido; durante la maduración, la degradación de este ácido es más intensa que la síntesis y se produce una disminución, más o menos rápida. En este momento se coincide con el cambio de color en variedades rojas y sobre todo y en particular, por el incremento de la biosíntesis de etileno detectado en las tres variedades; luego de esto los ácidos orgánicos alcanzan niveles constantes entre las semanas 3 a 4 antes de la cosecha comercial.

Entonces, los niveles finales de acidez dependen principalmente de la caída del ácido málico, aunque esta reducción está fuertemente relacionada con el factor climático como se mencionó anteriormente; por ejemplo, en regiones cálidas las uvas normalmente contienen menos ácido málico que las uvas cultivadas en regiones más frías (Stafne y Martinson, 2011), lo cual coincide con la bibliografía de Orriols (2006) quien menciona que los veranos poco soleados favorecen una mayor acidez que los veranos poco secos y calurosos; lo mismo sucede con la uva situada bajo la sombra de las hojas y la que está expuesta al sol. En la cosecha, la concentración media de ácido málico puede llegar al doble en año fresco que en año cálido. Esta influencia se explica debido a que las necesidades energéticas de la planta crecen al aumentar la temperatura y para mantener la producción de energía, la célula recurre al ácido málico almacenado con anterioridad.

El ácido tartárico, más estable que el málico, persiste en el fruto maduro en su forma libre y en parte en forma combinada como bitartrato de potasio (Léglise, 1994), muestra un pequeño cambio hasta la cosecha debido principalmente por el incremento de volumen de la baya y no debido al consumo o a la degradación, dominando aproximadamente desde la semana 3 antes de la cosecha hasta un 60 a 80% del total de los ácidos al momento de cosecha. El contenido de ácido tartárico en la uva al momento de la cosecha está relacionado con la temperatura y sobre todo con la alimentación en agua de la vid. La absorción de potasio por parte de la planta pasa a la baya neutralizando al ácido tartárico. (Orriols, 2006).

Los ácidos orgánicos se encuentran en proporciones mucho menores que los azúcares, sin embargo, contribuyen significativamente al gusto en general de la uva de mesa; estos no

exceden más de 1% del peso del jugo total, con el ácido tartárico usualmente el ácido más importante, seguidos por el málico, cítrico, suquínico, y otros ácidos. Los resultados promedio encontrados de ácidos orgánicos para uvas listas para cosechar fueron: ácido tartárico (1,28 – 7,45 g/l), ácido málico (0,38-29-92 g/l), ácido cítrico (trazas – 1,03 g/l) entre las tres variedades estudiadas, aun así, cada variedad mostró diferencias en la acidez de la uva de mesa a cosecha, que pueden deberse a las diferencias varietales, por ejemplo, la variedad Red Globe presentó un perfil diferente ya que tuvo un contenido mayor de ácido cítrico. Esta distribución de los ácidos también puede verse afectada por condiciones ambientales, tiempo de almacenamiento y otros factores (Muñoz *et al.*, 2011) citando a Diakou *et al.* (1997), Navarro *et al.* (2001), y Liu *et al.* (2006) y que confieren características divergentes en el sabor, en general. Orriols (2006), menciona que el ácido cítrico puede aumentar significativamente en uvas afectadas por *Botrytis cinérea*. Las diferencias en el sabor entre cada variedad, deben estar dirigidas a determinar un apropiado momento de cosecha.

En general, la cosecha comercial de uvas de mesa es alcanzada cuando el cociente SST/AT tiene un valor cercano a 20 de acuerdo a la mayoría de especificaciones de calidad de los clientes, sin embargo, en algunas variedades podría llegar a ser de 18 el mínimo del ratio, manteniendo un Brix mínimo de 16 a 18 grados, en función a la variedad y las exigencias del mercado.

Se sugiere el ratio SST/AT como un buen indicador de la madurez de las uvas debido a los cambios en la concentración de azúcares y ácidos orgánicos de un año a otro bajo las mismas condiciones. En los resultados del estudio de Muñoz *et al.* (2011), los valores adecuados para este índice fueron alcanzados en Red Globe entre las semanas 4 y 3 antes de la cosecha comercial respectivamente. Sin embargo, la cosecha fue realizada cuando la baya obtuvo el color rojo óptimo requerido para el consumidor. Para Crimson y Thompson este cociente fue alcanzado en la semana 1 previa a la cosecha. Estos resultados indican la necesidad de revisar el índice de madurez a través del desarrollo de la baya por variedad individual en función a los atributos de calidad considerados por el consumidor y la comercialización. También apreciamos con estos resultados, que el color no se obtiene necesariamente al alcanzar los niveles de sabor requeridos para la cosecha.

Durante la maduración también tenemos la formación de sustancias aromáticas y gustativas. Los taninos y pigmentos antocianinos de la uva tinta forman parte de los “fenoles”, los cuales están disueltos en las vacuolas en la periferia del fruto; los cuerpos odorantes de la uva están localizados en la parte interna de la película (Léglise, 1994). Una buena insolación sin un calor excesivo, sin estrés hídrico favorecen su formación. Es muy importante para la síntesis de sustancias aromáticas de calidad una amplia diferencia de temperaturas entre el día y a noche, es decir, días soleados y no excesivamente caluroso y noches frescas. (Orriols, 2006).

En esta etapa de maduración se da la modificación del color, pasa de verde (gran cantidad de clorofila) al color típico de la variedad, si es blanca pasa a tonos amarillentos, al perder clorofila se vuelve translúcida y si la variedad es tinta se vuelve rojiza o amoratada. A lo largo de todo este periodo la uva va aumentando su concentración en sustancias polifenólicas, sobre todo en taninos y antocianos. La mayor parte de las sustancias coloreadas de la uva se encuentran situadas en el hollejo. (Orriols, 2006).

En las uvas rojas los metabolitos secundarios más importantes son las antocianinas, mientras que en uvas blancas, los saborizantes volátiles como los terpenoides son los metabolitos secundarios de mayor importancia.

En sí, durante la tercera etapa de madurez de la baya, que es la última, la baya alcanza los parámetros comerciales para cosecha, estos procesos fisiológicos se resumen en un aumento de tamaño y peso de la baya, ablandamiento de la misma, aumento de azúcares (Sólidos solubles totales – SST), disminución de la acidez titulable (AT), lo que trae consigo una disminución en la relación de SST:AT que es la principal característica del sabor; entre muchos otros cambios mencionados a lo largo de este sub-capítulo; pero dentro de todos los parámetros característicos o esperados en esta etapa el color no es parte *per se* de este evento fisiológico de envero; Peppi (2003) comenta que el color en estricto rigor no significa nada. Un racimo puede pasar por envero e incluso estar cercano a cosecha y en casos extremos no haber tomado color. El cambio de color se va a producir si se dan otras condiciones. Además, la rapidez con que toma color una baya de variedad roja o negra se modifica dependiendo del clima o de la temporada (Peppi, 2013).

2.2.2 Fisiología del color

Las antocianinas son compuestos fenólicos del grupo de los flavonoides. Son almacenadas en las vacuolas de las células hipodermales (Peppi, 2013). Son glicósidos con un azúcar en posición 3, cuando estas carecen de azúcar se denomina **antocianidinas**.

Se encuentran principalmente en frutos, flores y hojas de las plantas, y son las responsables de conferir los colores: rojo, azul, violeta de las mismas (Del Valle *et al.*, 2005), especialmente en arándanos, uva y manzana. En la uva se encuentran principalmente en la hipodermis y en las semillas. Esto posiblemente proporcione una desventaja en la acumulación de antocianinas para uva sin semilla, ya que carecen de este almacén natural de las mismas.

Debido a su alto poder reductor, las antocianinas actúan como antioxidantes al prevenir o detoxificar procesos que conducen a la producción de radicales libres y a la muerte celular. Han sido difíciles de estudiar debido a su inestabilidad, a pesar que la acetilación contribuye a su estabilización y son estas las que se almacenan más eficientemente en vacuolas.

Del Valle *et al.* (2005), menciona que además se han estudiado debido a los efectos benéficos de su capacidad antioxidante sobre enfermedades crónico-degenerativas, así como por ser hepato-protector, antihipertensivo y anticancerígeno. De ahí su importancia para el desarrollo de fármacos y para su uso en alimentos tanto nutracéuticos, pero su uso como conservante o colorante natural se ha demorado debido a su difícil aislamiento, inestabilidad y sensibilidad al pH.

Las propiedades antioxidantes de estos compuestos son moduladas por las diferentes hidroxilaciones y glucosilaciones, y es la cianidina 3-glucósido la antocianina con mayor poder antioxidante. Se atribuye a las antocianinas aproximadamente 50% de la capacidad antioxidante en bayas rojas; sin embargo, las uvas de color blancas o verdes también presentan capacidad antioxidante aunque levemente menor que las rojas. Aparentemente la diferencia entre los cultivares blancos y coloreados estaría dado por una mutación de

los genes que regulan la expresión de UFGT, que veremos a continuación (Del Valle *et al.*, 2005).

Su función se asocia con la coloración de la fruta y con la protección ante el estrés lumínico, asociada en el caso de los vegetales con mecanismos de protección en casos de exceso de luz como parte del sistema antioxidante (Del Valle *et al.*, 2005). También se ha propuesto que los vegetales sacrifican las antocianinas para proteger a los tejidos clorofílicos; por todo esto, la importancia de su estudio.

Las uvas coloreadas son una de las principales fuentes de antocianinas, a su vez el color es uno de los principales atributos de calidad visual de los racimos; razones por las cuales se desarrollan estudios para incrementar la síntesis de éstas, y por ende es importante conocer los mecanismos de regulación implicados. Estudios realizados por Peppi (2013) demuestran que la cantidad de pigmentos difiere entre variedades y dentro de una misma variedad se mueve dentro de un rango; el cual para variedades rojas por lo general llega hasta alrededor 15 mg de pigmento/ gramo de película, en tanto que el rango de las variedades negras puede llegar a 40 ó 50 mg/g.

Las antocianinas se sintetizan a partir de los precursores fenilalanina y acetato; por medio de la ruta del fenil-propanoide y acetato respectivamente. Esta es regulada a nivel genético y es altamente influenciada por factores ambientales, de modo que se establecen interacciones complejas. Las antocianinas únicamente se sintetizan en determinados tejidos y durante determinadas etapas de la vida de la planta. Estos compuestos son objeto de investigaciones genéticas y bioquímicas intensas. La acumulación visible de estos compuestos usualmente refleja la actividad de las enzimas involucradas en la ruta biosintética, las cuales pueden actuar como complejos multi-enzimáticos asociados con las membranas, lo que impacta en la regulación, eficiencia y especificidad de la vía metabólica (Del Valle *et al.*, 2005).

Durante la biosíntesis de antocianinas se expresa dos tipos de genes: los estructurales, que codifican para las enzimas que participan directamente en la síntesis; y los genes reguladores, que controlan las enzimas de la biosíntesis a nivel de transcripción de los genes estructurales.

La expresión de genes que codifican se produce en dos fases: floración (fase temprana) y otra cercana al cambio de color del fruto – maduración (fase tardía). Para el primer grupo enzimático (PAL, CHS, CHI, F3H, DFR y LDOX) los genes que codifican se expresan durante el desarrollo inicial de la baya, mientras que sus grupos reguladores pueden expresarse hasta la maduración. La expresión del gen que codifica para la enzima UDP glucosa: flavonoide-3-glucosil transferasa (UFGT) es regulada de manera diferente a los otros genes mencionados y de manera tardía.

El patrón de la expresión de genes en la piel de uva parecería estar explicado entonces por la presencia alternativa de genes que se expresan tempranamente y pueden inducir la expresión de todos los genes estructurales con excepción de UFGT; y la presencia de genes reguladores, unos que controlan la expresión de PAL, CHS, CHI, F3H, DFR y LDOX, y otros que inducen a la expresión de UFGT (Valle *et al.*, 2005).

La enzima UFGT actúa al final del proceso biosintético de desarrollo de color añadiendo un azúcar a un pigmento que es inestable y lo hace estable. Esto es lo que en definitiva genera color. Esta enzima es importante porque es diferente a todo el resto ya que se sintetiza solo en la baya y en las variedades de uva de mesa solo en la película de la baya, además se produce solo a partir de pinta. Todo el resto funciona desde floración (Peppi, 2013). Esto propone que el punto crítico de la ruta biosintética para el color en uva es más tardío que otros cultivos que son regulados al inicio de la vía. Cruz (2014) reafirma que todos los genes de síntesis de antocianinas se expresan en epidermis de uvas coloreadas y también en otros tejidos de la planta (por ejemplo en flores), exceptuando UFGT, que sólo se expresa en la epidermis de la baya justo después del inicio de envero, lo cual indica su rol clave en control de biosíntesis de antocianinas determinantes del color en uvas.

La acumulación de antocianinas coincide con el inicio de la síntesis de azúcar en las bayas y se incrementa rápidamente hasta que la concentración de sólidos solubles alcanza 24° Brix. La actividad de UFGT se incrementa paralelamente con el contenido de antocianinas, mientras que la actividad de las enzimas PAL y CHI disminuye al iniciarse

la acumulación del pigmento. No se evidencia síntesis de antocianinas mientras no se exprese el gen que codifica para UFGT (Del Valle *et al.*,2005).

Los controles a nivel de transcripción tienen un importante papel en la regulación de toda la vía, la cual también es regulada por diferentes condiciones ambientales y de desarrollo. Existe una fuerte correlación entre la expresión transcripcional y el aumento de la síntesis de antocianinas, hecho que se atribuye a la regulación de la expresión de DFR. El gen *dfr*, que codifica para esta enzima, es regulado por al menos tres mecanismos: uno relacionado con la luz, otro es dependiente del desarrollo del fruto, y finalmente por la concentración de azúcar en el tejido.

PAL es la encargada de convertir la fenilalanina en 4 cumoil CoA, el precursor activo de los flavonoides. Posteriormente, chalconasintasa (CHS) condensa los precursores activos malonil CoA y 4-cumoil CoA para formar naringenina-chalcona. Tanto PAL como CHS son inducidas por la luz y por el ataque de patógenos, y los genes que la codifican son activados por estímulos externos a nivel de transcripción (Del Valle, *et al*, 2005).

Del Valle *et al.* (2005) menciona que a la formación de las antocianinas se involucran reacciones de oxidación y deshidratación, catalizadas por leucoantocianidina oxidasa (LDOX) y dihidroflavonolreductasa (DFR). Finalmente, se produce una glicosilación catalizada por UDP glucosa –flavonoide glucosiltransferasa (UFGT), paso que contribuye a la coloración y a la estabilidad de la molécula ante ataques nucleofílicos o degradación enzimática. Esta etapa es particularmente en uvas rojas, ya que la glucosilación se presenta solamente en las bayas coloreadas.

La concentración y perfil de antocianinas varían entre especies, cultivares, estados de madurez, condiciones estacionales, áreas de producción, prácticas culturales y niveles de rendimiento (Del Valle *et al.*, 2005). En uvas para mesa, caracterizaron el perfil de polifenoles de las uvas rojas ‘Crimson seedless’, ‘Flame seedless’, ‘Red globe’ y ‘Napoleón’; encontraron que en ‘Flame seedless’ las antocianinas representan 51% de los fenoles totales, y supera a los otros cultivares. Sin embargo, estas no presentaron antocianinas acetiladas, las cuales son más estables.

El color de las variedades rojas y negras se origina en las antocianinas (pigmentos). De cuántas antocianinas (concentración total) pero también de cuáles (composición). (Peppi, 2013).

De acuerdo a Peppi (2013), solamente seis antocianinas son comunes en los vegetales superiores; pelargonidina (Pg), peonidina (Pn), cianidina (Cy), malvidina (Mv), petunidina (Pt) y delphinidina (Df), de las cuales, Cy, Pg y Df son las más ampliamente distribuidas. En los frutos se encuentran principalmente Cy (50%), Pg (12%), Pn (12%).

El color de las antocianinas depende del número de grupos hidroxilo y metoxilo en el anillo B y del pH de las vacuolas en las que se almacenan. Algunos ejemplos son **pelargonidina** (rojo-naranja), **cianidina** (rojo púrpura) y **delphinidina** (azul púrpura). Cada uno de los pigmentos genera distintas coloraciones y las combinaciones de los entre pigmentos generarán nuevos colores. Además, la cantidad total también modifica el color final. La naturaleza y el número de azúcares ligados a la molécula (glucosilación), la posición de esta unión, la naturaleza y el número de ácidos alifáticos y aromáticos que se unen al azúcar durante la acetilación, juegan un importante rol en el color y en la estabilidad del compuesto (Peppi, 2013).

Lo anterior es importante porque estos pigmentos presentan distinta sensibilidad y comportamientos diferentes. Las antocianinas en uva son básicamente 5. Así hay antocianinas que son tri-sustituidas o tri-hidroxiladas, que en uva son tres: delphinidina (Dl: morado rosado), petunidina (Pt: morado) y malvidina (Mv: morado rojizo), que son en general tonalidades oscuras, más estables y menos sensibles a factores como la luz (San Martín, 2014). Cuando se está en los extremos problemáticos de la biosíntesis de pigmentos, aumenta la proporción de estas, por lo que cambia la tonalidad del color por un corrimiento hacia los tonos más morados. Pero además hay una menor cantidad total de los pigmentos. Lo que explica por qué algunas variedades son más problemáticas que otras. Luego tenemos dos di-hidroxiladas: cianidina (Cy: rojo) y peonidina (Pn: rosado) las cuales son más sensibles, particularmente a temperatura y luminosidad; suelen ser menos estables y presentan una mayor gama de tonalidades más claras. En particular la cianidina, la antocianina más básica, a temperatura y luminosidad muy baja casi no se

produce, y a temperatura y luminosidad muy alta, reduce su tasa de biosíntesis; los últimos antecedentes que han aparecido incluso indican que además puede haber degradación de esos pigmentos. Es decir, la fruta más sombreada y/o sometida a temperaturas extremas tiende a mayor proporción de tri-hidroxiadas (Pt, Dl, Mv) y formas acetiladas. El nivel de complejidad de la estructura química está, en general, inversamente relacionado con las deficiencias en el desarrollo del color, es decir, aquellas estructuras químicas más simples, corresponden a pigmentos más sensibles a factores externos y, por ende, menos estables, explica Peppi (2013).

Hay variedades en que por su genética va a ser más difícil desarrollar color, ya que las distintas variedades tienen una cantidad total de pigmentos genéticamente establecida. Por ejemplo, siempre una Ribier va a tener más pigmentos totales que una Flame seedless, además de presentar una composición de antocianinas distinta. (Peppi, 2013)

Los valores de la tabla 1 son el contenido total de pigmentos según variedad, relativos y a condiciones determinadas, pero todos fueron obtenidos en el mismo lugar y sirven como referencia (Peppi, 2013). Esto muestra las grandes diferencias que se puede encontrar en la concentración de antocianinas por variedades.

Tabla 1. Contenido total de pigmentos según variedad

Variedad	Antocianinas Totales (mg/g)
SweetScarlet	1,0
Flame Seedless (a)	2,1
Ruby Seedless	2,4
Crimson Seedless	3,9
Flame Seedless (b)	4,1
Black Seedless	15,0
Autumn Royal	21,4
Ribier	34,5

FUENTE: Peppi, 2013.

Tal como se menciona anteriormente, encontramos varios factores que afectan la expresión del color, la síntesis y distribución de antocianinas, entre otros; teniendo factores internos como los contenidos totales de antocianinas por variedad, así como los elementos externos como pueden ser el manejo, la temperatura, la luminosidad, el uso de reguladores de crecimiento, como en el caso del giberélico, que reduce la cantidad total de antocianinas, sin embargo es necesaria su aplicación exógena para la producción de uvas de mesa sin semilla. Por tal, el siguiente sub-capítulo trata de abarcar todos los factores que influyen en el desarrollo del color, para facilitar la toma de decisión en cuanto a su manejo.

2.2.3 Factores externos que afectan el color

Uno de los principales problemas en la calidad de la uva de mesa de color es precisamente el desarrollo del mismo para cumplir con los estándares deseados por el cliente, en cuanto a cobertura en la baya y uniformidad en el racimo. Tal como vimos en capítulos anteriores, muchos son los factores que pueden afectar esta característica. El conocimiento que tengamos de la influencia de dichos factores son los que nos permitirán tomar las mejores decisiones de manejo agronómico en las operaciones.

El desarrollo de color no sucede inherentemente del proceso de maduración *per se* sino que está vinculada y afectada por muchos otros factores externos; entonces el color, en estricto rigor, no significa nada, un racimo puede pasar por envero (pinta) e incluso estar cerca de cosecha y en casos extremos no haber tomado color. El cambio de color se va a producir si se dan otras condiciones. Además, la rapidez con que toma color una baya de variedad roja o negra se modifica dependiendo del clima o de la temporada. (Peppi, 2013).

El contenido y perfil de antocianinas varía entre especies, cultivares, estados de madurez, condiciones estacionales, áreas de producción, prácticas culturales y también con el nivel de rendimiento. Las antocianinas pueden ser inducidas rápidamente en hojas, flores y frutos, en respuesta al frío, radiación ultravioleta o ataques de patógenos especialmente en arándano, uva y manzana. (Del Valle *et al.*, 2005). La concentración de las antocianinas está influenciada por diversos factores, principalmente temperatura, luz, nutrición y humedad del suelo, área foliar y carga de la fruta en las plantas. En general,

condiciones que promueven la acumulación de carbohidratos en las vides favorecen la síntesis de pigmentos (Ibacache, 2009).

Hasta ahora la falta de color en el huerto ha sido menos documentada y su fisiología es menos entendida. Se sabe que períodos de calor prolongados pueden reducir la síntesis, aunque un golpe de calor transitorio puede estimularla. Además de un manejo inadecuado de la luz, las altas temperaturas parecen ser la principal razón de la falta de color de la fruta, en especial las nocturnas lo que permite suponer que modificar el microclima de las frutas es una opción para mejorarlo, si se considera de manera especial el estado de desarrollo de la fruta en la que estas manipulaciones se lleven a cabo para mejorar el contenido de los flavonoides responsables del color (Del Valle *et al.*, 2005).

La bibliografía nos menciona varios factores ambientales que afectan la síntesis de los compuestos antociánicos, conociendo como los principales la luminosidad y la temperatura; siendo la primera un estimulador, y la segunda, a altos rangos, un reductor o inhibidor.

Cruz (2014) menciona que cerca del 2% del carbono utilizado por los vegetales es destinado a la síntesis de pigmentos con la finalidad de proteger los tejidos contra la radiación UV y los radicales libres. Lo mismo confirma Del Valle *et al.* (2005) citando referencias bibliográficas que explican que las antocianinas se acumulan para proteger al tejido del fotoestrés cuando se absorbe excesiva energía radiante que no puede ser utilizada; por ello cuando los niveles de luminosidad son bajos y las temperaturas altas no provocan este tipo de estrés, y por tal, la síntesis de antocianinas sería innecesaria.

El factor clásico en el desarrollo del color es la temperatura. No existe información que relacione a cada pigmento con un óptimo de temperatura. Diversa bibliografía establece el rango óptimo relativo alrededor de 20-25°C, y existe consenso en que desde 30°C la cantidad de antocianinas comienza a bajar; lo que no necesariamente es algo negativo, mencionan Peppi (2014) ya que hay muchísimos ejemplos de fruta excesivamente oscura para la que estar a 32°C puede ser una buena alternativa. Así mismo, Ibacache (2009) comenta que normalmente a altas temperaturas (superiores a 30 °C) disminuyen o inhiben completamente la formación de pigmentos de antocianinas en la piel de las bayas;

temperaturas diurnas de 35 °C inhiben completamente la síntesis de antocianinas, independiente de la temperatura nocturna. Esto debido al aumento de la desglucosilación de las antocianinas ocasionada por altas temperaturas que da lugar a compuestos sin color y que a nivel bioquímico disminuye la actividad de la enzima UFGT) (Cruz, 2014).

Acerca de la oscilación térmica (diferencias entre la temperatura mínima y máxima) existen puntos encontrados acerca de su influencia en la toma de color. Tal como lo menciona Ibacache (2009) que para temperaturas diurnas de 25 °C y nocturnas inferiores a 14 °C durante el período de maduración son ideales para el desarrollo de color. Cruz (2014) habla de que las temperaturas menores a 18 °C en pre-cosecha mejoran el desarrollo de color rojo, sin embargo, que si estas son seguidas de temperaturas diurnas mayores a 30° el efecto de estimulación de generación de antocianinas se anula. Mientras que Peppi (2013) nos indica que estas conclusiones son un error que se origina en cómo se establecieron los ensayos. Si la diferencia de máxima/mínima es de 10°C en un rango de entre 10 y 20°C ó entre 15 y 25°C, esa diferencia no es tan incidente, como si la diferencia de 10°C estuviera entre el rango de 30 y 40°C”.

Es importante considerar las diferencias de temperatura entre la fruta y el ambiente. Ya que la fruta expuesta a la luz directa puede llegar a tener 10°C más que la fruta que está cubierta. Peppi (2013) aporta ejemplos reales de temperaturas máximas promedio semanales de varias localidades en los que se aprecia que en una de ellas se llega a los 37,5 y hasta 38,3°C. Dicho autor menciona: “A esos niveles de temperatura no solo hay una menor síntesis de pigmentos sino que además se produce degradación de estos”.

Entonces, en regiones muy calurosas la formación de pigmentos es inhibida en algunas variedades (Ibacache, 2009). Esto se ve reforzado por estudios realizados en Chile por Peppi (2013), que se obtuvo para el caso de la variedad Flame, en una zona menos calurosa, 2,1 miligramos de pigmento por gramo de película, en tanto que en una zona más calurosa la misma variedad llega a 4,1. En estas zonas, el contenido de azúcar se alcanza antes que el color por lo que se deja la fruta un tiempo más prolongado en el viñedo, con el consecuente riesgo de pérdidas por el ataque de patógenos o condiciones climáticas adversas (Del Valle *et al.*, 2005) o problemas futuros de condición. Se sabe

que una vez que la fruta alcanza cierto contenido de azúcar, se bloquea la síntesis y acumulación de antocianinas.

La luz y la temperatura siempre van de la mano y en términos de investigación es muy difícil separar ambos factores. En muchos casos, al aumentar la luminosidad se obtiene una menor cantidad de color; esa menor coloración ante un aumento de la luminosidad se debe a que junto a la luz se incrementó la temperatura en un rango en que era muy incidente. Si sube la temperatura en 5°C y la fruta estaba a 25°C, no afecta. Pero si la fruta estaba a 30°C y al darle más luz sube a 35°C, sí afecta. En otros casos, cuando al aumentar la luminosidad se obtiene una mayor coloración, el efecto se debe a que aumentan los pigmentos porque faltaba luz pero todavía la temperatura no era limitante. (Peppi, 2013).

Ante un aumento de la temperatura como consecuencia de una mayor luminosidad, la temperatura resulta más determinante que la luz. Cuando se maneja la luz es posible manejar un poco la temperatura. (Peppi, 2013). El efecto de la temperatura se debe considerar cuando se selecciona el lugar en que se va a establecer el cultivo.

Hasta donde sabemos el efecto de la luminosidad se debe solo a la intensidad de la luz. Si es un rojo lejano o un rojo cercano no afecta mucho. Por la composición de las variedades y por cómo los pigmentos son afectados por los distintos factores, las variedades presentan diferente sensibilidad a la cantidad de luz. La luminosidad es importante desde el principio del desarrollo de la baya, pero pasa a ser determinante o a ser un problema desde pinta hasta cosecha (Peppi, 2013).

Del Valle *et al.*, (2005) citando referencias bibliográficas de otros autores menciona que los racimos expuestos al sol contienen diez veces más flavonoides que los sombreados, ya que se incrementa la concentración de los 3-glicósidos de quercetina, kaempferol y miricetina. La luz provoca un incremento de la concentración total de antocianinas monoméricas y flavonoles, pero estas se ven reducidas por las excesivas temperaturas absolutas que inciden sobre racimos expuestos a la luz directa. Estas condiciones afectan en primer término a los flavonoles de la epidermis de la baya y a la concentración de los compuestos antociánicos, ya sea por degradación o inhibición de los mismos.

De ahí que una exposición excesiva de los racimos a la luz solar puede afectar negativamente el color, por tal las prácticas de manejo de follaje que proveen de altas cantidades de luz difusa a la zona de racimos, son muy apropiadas en áreas calurosas. (Ibacache, 2009)

Al igual que con la luz existen diferencias varietales en la sensibilidad y en los rangos óptimos para la toma de color. Existen algunas diferencias entre variedades de coloración fácil como las negras: Ribier, Autumn Royal, presentan en común que todas tienen por lo menos 15 mg/g de pigmento y en todas predomina la malvidina, que al contrario de la cianidina (el pigmento menos estable), es el pigmento más estable. (Peppi, 2013).

Es necesario elegir variedades a cultivar en función a la zona seleccionada. Peppi (2013) recomienda que en zonas con exceso de temperatura no elegir variedades en las que genéticamente predomina la cianidina, que en casi todos los casos son las variedades de tonos rosados más claros, es una muy mala idea porque muy probablemente se va a tener problemas de coloración 4 de cada 5 años, si no se tiene problema todos los años.

La elección del portainjerto también es importante, ya que, afecta el color, pero de forma indirecta, así como el vigor de la planta, considerando que también está asociado al lugar en que se cultiva. Las variedades muy vigorosas se asocian a problemas derivados de una menor luminosidad. Por otro lado, según el clima, en las variedades de poco vigor el problema se puede dar al revés, muy poco follaje y deficiente relación hoja fruto (una especie de sobrecarga), o exceso de temperatura por mucha luminosidad. Algunas variedades de dificultad media de coloración son Crimson, Emperor y Red Globe. En general se mueven en un rango menor de pigmento (0,7 a 8,0 mg/g) en relación a las anteriores, disminuye el contenido de malvidina y pasan a ser importantes las dos dihidroxiladas, las antocianinas más inestables y sensibles a temperatura, humedad, reguladores de crecimiento, sobre carga, etc. En las variedades difíciles de colorear la malvidina es casi inexistente y cianidina y peonidina pasan a ser importantes. La diferencia está en que cianidina, el pigmento más inestable, pasa a ser mucho más predominante. Prácticamente la mitad de la coloración de Flame seedless se debe a este pigmento más primitivo (Peppi, 2013).

La elección del sistema de conducción influye debido a la exposición de la fruta a la luz. De acuerdo a Peppi (2014) la toma de color es afectada básicamente por el incremento del tamaño de la baya, lo que va asociado a regulación de carga (relación hoja/fruto); deshojes, desbrotos, abertura de ventanas; el uso de reguladores de crecimiento (Etileno, GA, CPPU, TDZ, ABA); a la sanidad del material vegetal; y a la nutrición y el riego.

Definiremos el nivel de carga como carga frutal en función de la relación fruta (kg)/área foliar (m²), a la capacidad fotosintética vs sobrecarga, a la falta de hojas, etc. Tal como vimos anteriormente todos los factores que contribuyan a la formación de carbohidratos sumarán para la toma de color, la capacidad de una planta está determinada por cuánta fruta puede madurar, lo que depende de cuántas hojas fotosintetizando tiene. Por esto no cuentan las hojas amarillas o no expuestas a la luz (Peppi, 2013).

La regulación de carga comienza en la poda, pero luego, durante la temporada, se regula con deshojes, desbrotos, raleos, etc. Se debe tener cuidado de no provocar situaciones de demasiada luminosidad directa a la fruta o en que se saca tanta hoja que disminuye la capacidad fotosintética. Dependiendo de la variedad existen distintos óptimos en la relación fruto/hoja. Todas las variedades rojas y negras presentan un mayor requerimiento que las variedades blancas.

Algunos rangos citados por diferentes referencias bibliográficas son:

- Red Globe 6-10 cm²/g
- Flame seedless 11 cm²/g
- Crimson seedless 10 - 12 cm²/g

Los rangos muy amplios, como en el caso de Red Globe y Crimson son debido a resultados que difieren en distintos estudios. Estas leves variaciones del rango óptimo son consecuencia de las diferentes condiciones de cultivo y de la gran cantidad de variables involucradas.

El color es especialmente sensible a exceso de carga. La relación sobrecarga/color es un agente escondido. Todo funciona bien, los grados brix están correctos, el calibre es adecuado, la producción total está perfecta, sin embargo, el único gran detalle es que la fruta no toma color. Es altamente probable que eso se deba a una sobrecarga. Una sobrecarga leve, de 1 ó 2 racimos extra por planta, puede ser suficiente para provocar problemas de color (Peppi, 2013).

En cuanto al riego, el aporte hídrico, tanto en exceso como en déficit van a generar dificultades en la toma de color debido al estrés hídrico, estimulación de superficie foliar, tasa fotosintética.

De igual manera la fertilización también es importante para permitir un equilibrio nutricional ya que cualquier elemento deficiente afectará a la fotosíntesis (Cruz, 2014) que como ya mencionamos afecta a la toma de color.

Algunos de los nutrientes más importantes y sus efectos directos o indirectos citados por Cruz (2014).

- Nitrógeno: Exceso: Alto vigor, exceso de sombra -> bajo color.
Deficiencia: Bajo vigor, Insolación, Mayor temperatura -> bajo color.
- Potasio: Exceso: Disminución de ácidos libres, aumenta pH intracelular, menor formación de antocianinas
Deficiencia: Altera transporte de azúcares y los antocianos requieren unirse a una molécula de azúcar para dar color -> bajo color. $K < 1\%$ en pre-pinta es necesario aplicar K.

Para el caso de potasio, existe mucha referencia bibliográfica acerca de la importancia del mismo para la toma de color, habiendo algunas recomendaciones para su aplicación. Peppi (2013) nos menciona que la importancia de este elemento es relativa a su deficiencia, es decir que a niveles adecuados de potasio, aplicándole más, no va a mejorar el color, sin embargo la deficiencia del elemento sí va a generar efectos directos al bajo desarrollo de color.

Acerca de la sanidad del material vegetal, Peppi (2013) nos comenta que siempre es crítica, pero particularmente cuando se trabaja con porta-injertos. Los virus pueden no provocar un efecto inmediato, pero cuando son plantas injertadas es altamente probable que sí, comenzando por los problemas de la zona de unión injerto/portainjerto, baja producción, etc. Con muchos virus el color es uno de los primeros problemas que se va a enfrentar. Los portainjertos son una tremenda herramienta pero con la salvedad de la sanidad del material de propagación.

También nos comenta acerca de la influencia que puede tener en el desarrollo del color de la baya el formarse de la primera o segunda flor. La segunda flor, tanto en Red Globe como en Crimson, presenta algo más del doble de antocianinas totales. Por ejemplo, los pámpanos que quedan colgados después de cosecha siempre son mucho más oscuros que la fruta que se cosechó. Algo que en parte tiene que ver con la temperatura. Por otro lado, la composición de las antocianinas no cambia mucho porque está determinada genéticamente.

2.2.4 Influencia de los reguladores de crecimiento en el color de uva de mesa

Los reguladores de crecimiento son altamente necesarios, para la producción de uva de mesa sin semilla. Ferrara *et al.* (2016) menciona que los atributos de calidad son comúnmente conseguidos, en parte por el uso de varios reguladores de crecimiento. Por ejemplo, el ácido giberélico es usado para adelgazar y ganar calibre de la baya, forchlorfenuron es usado para incrementar el calibre y la firmeza de la baya y el ethephon (2-chloroethylphosphate acid) y ácido abscísico puede ser también usado para mejorar el color de las uvas rojas (Fidelibus y Vásquez, 2012; Ferrara *et al.*, 2016)

Su uso, es probablemente, en la práctica, la herramienta más determinante, tanto para reducir como para acumular pigmentos en uva comenta (San Martín, 2014). Con el uso de reguladores de crecimiento lo que se hace básicamente es imitar el comportamiento hormonal de una baya durante su desarrollo. (Peppi, 2013). Siendo determinante para el desarrollo del color el momento de la aplicación, así como la concentración del

compuesto (San Martín, 2014). Las principales clases de hormonas naturales producidas por las plantas son Giberelinas, Citoquininas, Auxinas, Etileno, Ácido Abscísico.

La figura 2 muestra el comportamiento hormonal durante el crecimiento de la baya de uva (curva doble sigmoidea del crecimiento). Entre la fase II y III se observa lo que ocurre en pinta donde se aprecia un aumento del etileno, levemente después se produce un aumento temporal del ácido abscísico (ABA) y entre medio hay un aumento de brasinoesteroides (BR). Hoy se estima que la maduración depende de esas tres fitohormonas actuando en conjunto. No como ocurre en las especies climatéricas en que predomina la acción del etileno. (Peppi, 2013). Es importante distinguir que ningún peak de etileno ocurre en la maduración (fase III) sino que ocurre anteriormente, cercano a pinta.

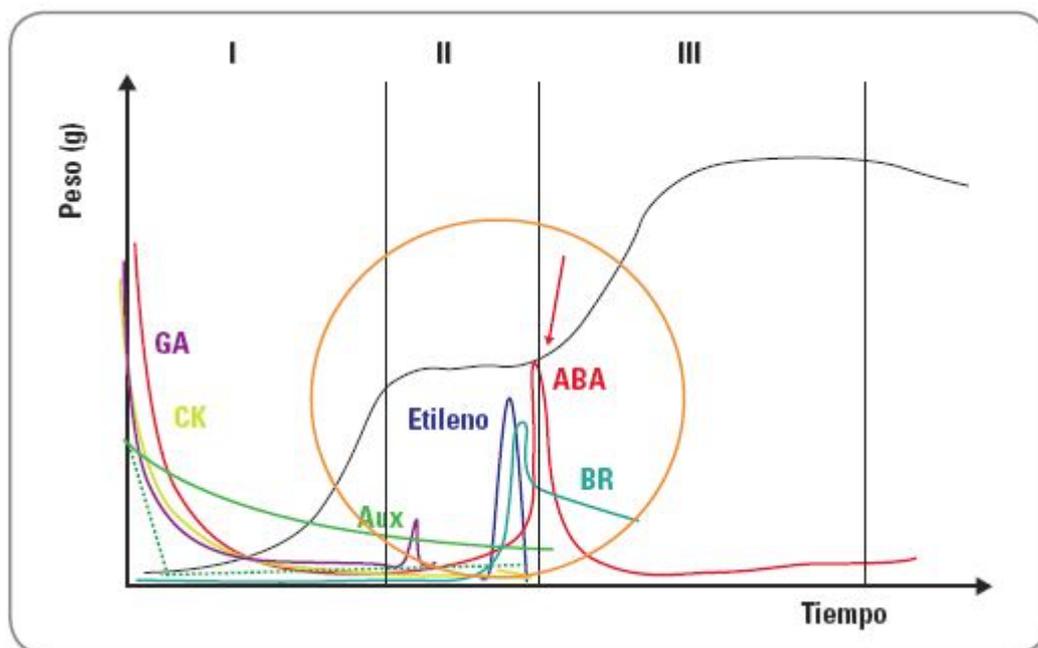


Figura 2: Comportamiento hormonal durante el crecimiento de la baya

FUENTE: Peppi (2013)

El regulador de crecimiento más usado para mejorar el color de la baya de uva es el ethephon. La degradación del ethephon libera etileno, que es una hormona de la planta que estimula la acumulación de pigmentos en uvas (Fidelibus y Vásquez, 2012). Estable a una solución de pH bajo, se hidroliza a pH mayor de los tejidos de la planta que liberan etileno. Las características químicas del ethephon permiten al productor, mediante la

aplicación, estimular las reacciones dependientes del etileno. La absorción del ethephon por los tejidos de la planta está influenciado por la temperatura, humedad relativa y pH de la superficie en la cual se depositan las gotas de la aplicación (Ferrara *et al.*, 2016). Se sugería que la absorción de ethephon por el tejido de la planta era predominantemente cuticular y no estomática.

Sabemos que la aplicación de etileno incrementa las antocianinas. Para la aplicación es importante el cuánto, pero particularmente el cuándo es lo que va a determinar la respuesta en el desarrollo del color. Con alrededor de 300 mg/l en general ya se debiera tener una respuesta, pero eso cambia según la zona. El momento de aplicación en que se logra un mayor efecto es pinta (Peppi, 2013). Su efecto disminuye cuando las bayas se ablandan, siendo casi nulo cerca de cosecha (San Martín, 2014), no tiene un efecto deseable la doble pasada. Las aplicaciones muy tempranas pueden ocasionar una supresión de crecimiento de las bayas.

El problema con el Ethephon es que los resultados son erráticos por lo que no es una herramienta 100% confiable. Además, disminuye la firmeza de las bayas, efecto que se produce siempre, pero en mayor o menor grado, lo que depende de cuándo y cuánto se aplique. Mientras más cerca de pinta mayor efecto en la firmeza, pero también mayor efecto en la coloración. Reduce la vida post-cosecha. Su efecto sobre los sólidos solubles y la acidez es nulo o inexistente (Peppi, 2013).

Un concepto relativamente nuevo, poco estudiado hasta el momento es que es el potencial del ethephon como agente de abscisión para uvas de mesa. En un ensayo realizado por Ferrara *et al.* en el 2016, con pruebas de ethephon con dosis de 1445 y 2890 mg/L en variedades Thompson y Crimson seedles, en donde se evaluaron los parámetros de fuerza de apego de la fruta, abscisión en pre-cosecha, calidad de la fruta y residuos de ethephon. Para Thompson: se obtuvo que ambos tratamientos indujeron fuertemente a la abscisión de la baya, ocasionando hasta el 90% en pre-cosecha; los rangos menores en Thompson necesitarían intervalos post-cosecha más cortos o sistemas de retención de bayas como redes para prevenir la pérdida excesiva de estas en pre-cosecha; también afectaron el color de la piel de las bayas, la fruta tratada fue más oscura, tuvo menor uniformidad en el color, y con un tono más amarillento que la fruta no tratada. En el caso de Crimson, los

tratamientos de Ethephon también promovieron la abscisión de bayas, pero fue mucho menor (aprox. 49%) en pre-cosecha de Crimson comparado con uvas de Thompson; la fruta tratada fue más oscura comparada con la no tratada. Las bayas de ambas variedades no mostraron cambios pronunciados en propiedades visuales, físicas o químicas de la fruta.

En un ensayo comparativo de dosis de ethephon realizado en una empresa exportadora en el Valle de Ica en la variedad Red Globe, en cuanto a porcentaje de fruta lista para cosecha por temas de color en la primera, segunda y tercera pasada los resultados para dosis entre 0,11 y 0,16 Kg/Ha. fueron mejores versus los de 0,09 Kg/Ha de ethephon. No se vieron diferencias significativas entre ambas dosis superiores.

Acerca del momento de aplicación se realizó un ensayo comparando el momento de aplicación de ethephon en la variedad Crimson, en cuanto a porcentaje de fruta a cosechar en primera pasada por temas de color y porcentaje de cosecha final, se vieron mejores resultados en la fruta aplicada en 90% de pinta (con 90% de los racimos con 1 – 2 bayas iniciando el virado de color) versus 60% de pinta (60% de los racimos con 1 – 2 bayas iniciando el virado de color).

Otro ingrediente activo empleado para la mejora de color es el Ácido Abscísico (ABA). Pasó a ser una herramienta muy interesante por los problemas de residuos y de firmeza en la baya que generaba el ethephon y por lo errático del efecto en el desarrollo de color de este último en algunos lugares. Cuando el problema de falta de color se debe a exceso de temperatura, el ABA es la herramienta correcta. Cuando el problema de color es provocado por otros motivos ABA actuará, pero no con el nivel de éxito que cuando el problema es por temperatura (Peppi, 2013). Destaca su rol en el manejo del estrés vegetal y del receso, actuando en el cierre estomático (Cruz, 2014).

Se debe considerar, que el mayor efecto en la aplicación de ABA se obtiene cuando se aplica en pinta. Algunos estudios han visto un efecto en la firmeza equivalente al de Ethephon. El ácido abscísico tampoco afecta la madurez. Incide en el color y por ende en la fecha de cosecha, pero no en la madurez misma (Peppi, 2013).

Cruz (2014), nos menciona que ABA es capaz de contrarrestar efectos negativos de aplicaciones de CPPU, debido a que actúa sobre la expresión de genes de la síntesis de las antocianinas en vid.

La bibliografía nos dice que el ácido abscísico debe ser aplicado en envero, cuando alrededor del 50% de las bayas se han suavizado; las aplicaciones post-envero también pueden ser efectivas (Fidelibus y Vásquez, 2012). En ensayos desarrollados por Peppi (2013), nos menciona que tiene resultados un tanto extremos en la aplicación de ABA en la Red Globe con respecto a la fecha: mientras que post-envero (dos semanas después) con una aplicación de 1000 ppm no logra ningún efecto en el color; aplicaciones en pinta de 250 ppm aumentan los pigmentos pero no lo suficiente, y entre 500 – 1000 ppm en esta misma etapa se logra un color bastante oscuro.

De otros ensayos repetidos desarrollados por Peppi (2013) vemos que tenemos respuestas diferenciadas entre variedades, para aplicaciones realizadas en pinta, en Red Globe entre 400-600 ppm se obtienen buenos resultados; mientras que para Flame con alrededor de 300 ppm se obtiene buena respuesta; la Crimson Seedlees tiene una mejor respuesta al ABA, probablemente debido a su composición de antocianinas y a su momento de maduración. Además, afirma que no ha observado un mejor efecto haciendo aplicaciones de ABA conjuntamente con ethephon.

Para ensayos realizados en una empresa agro-exportadora del valle de Ica, probando diferentes dosis de Protone (ABA) (4 L/Ha, 3 L/Ha, 2 L/Ha, 0 L/Ha) en la variedad Crimson en cuanto a porcentaje de fruta lista en la primera pasada y en la cosecha final.; el tratamiento "cero" (sin producto) tuvo diferencias significativas versus los tratamientos aplicados con Protone. El tratamiento que tuvo mejores resultados significativos fueron las dosis de 4 Lt/Ha. Los tratamientos con dosis inferiores (3, 2 Lt/Ha) no tuvieron diferencias significativas entre ellos y tuvieron resultados inferiores a los obtenidos por la dosis superior. En cuanto a porcentajes de fruta lista en la primera pasada de cosecha y la cosecha final, las aplicaciones de Protone de 4 L/Ha, diferenciadas por la forma de aplicación (1 pasada: 4 L/Ha y 2 pasadas: 2 L/Ha + 2 L/Ha) fueron las mejores, pero no tuvieron diferencias significativas entre ellas; sin embargo, sí existieron diferencias significativas en la evaluación de descarte de la fruta post-limpieza (bayas descartadas

por problemas de color), presentando un mejor resultado el método de aplicación de una pasada.

En cuanto a los parámetros de calidad, se vio en uno de los resultados del ensayo una mayor deshidratación de raquis en el tratamiento de 3 Lt/Ha versus 2 Lt/Ha. No se evidenciaron diferencias en la firmeza de baya, ni en otras características de la fruta. En los demás ensayos no se hallaron diferencias importantes ni en deshidratación de raquis ni desgrane.

Dos puntos muy importantes a considerar para la evaluación de la aplicación de ABA es 1) el elevado costo del producto (una aplicación de ABA puede costar 100 veces más que una aplicación de ethephon, y 2) que no tiene restricciones de residualidad, que como vimos es un tema que involucra la inocuidad alimentaria, y por tanto la legalidad del producto.

En todos los ensayos realizados en la zona de Ica se vio un claro efecto de la aplicación de ethephon y ABA versus el tratamiento cero (sin aplicación de producto para el color).

Respecto al ácido giberélico y el uso de citoquininas, si bien se utilizan para el crecimiento de la fruta, en general disminuyen el desarrollo de pigmentos. Además, según la situación, pueden ser una herramienta de manejo positiva o negativa para el color. (San Martín, 2014).

CCPU/TDZ: Las citoquininas en general bajan la coloración y algunas variedades son mucho más sensibles, por ejemplo, Flame seedless. En California casi no se utiliza CCPU en Flame porque las condiciones de temperatura son críticas. Sí puede ser una herramienta cuando la coloración es demasiado alta. Prácticamente lo mismo sucede con TDZ (tidiazurón). Al igual que con CCPU provoca retraso en la madurez e incide en el color (Peppi, 2103).

Cabe destacar que el uso de cualquier regulador de crecimiento puede traer consigo otras desventajas como, por ejemplo, la disminución de la firmeza de la baya, lo que afecta negativamente otros aspectos de calidad de la fruta. El uso de reguladores, el manejo de

luz, la carga frutal, la nutrición y el riego son los principales aspectos que hay que considerar para el manejo de color, pues existe interacción de factores que determina el resultado en síntesis de pigmentos, concluye Peppi (2013).

2.3 MANEJO DEL COLOR EN UVA DE MESA ROJA

2.3.1 Consideraciones agronómicas para el desarrollo del color en uva de mesa

La compilación y el análisis de esta información nos llevó a tomar decisiones con respecto al manejo de una serie de factores determinantes en el desarrollo de color, mediante planes estratégicos o planteamiento de nuevos ensayos que nos permitan mejorar la calidad de la fruta y con ello aumentar el porcentaje exportable.

Considerar que todas las condiciones que promueven la formación de carbohidratos favorecen la síntesis de pigmentos en la uva; por tal determinar una serie de factores indirectos que vigilar, tales como:

- Las vides vigorosas al tener una mayor capacidad fotosintética son mejores para las variedades con problemas de color, pero siempre cuidando que el exceso de follaje no le quite la luminosidad necesaria a la fruta.
- Las vides débiles no son buenas para el color debido a que los azúcares van preferentemente a la respiración y al desarrollo vegetativo en detrimento de los requerimientos de las bayas.
- Debido a que el floema toma un papel principal post envero, es importante considerar que la nutrición previa a esta etapa será lo fundamental para su buen desarrollo y no sólo los factores que intervienen en la misma.
- La actividad de los genes que codifican las enzimas se inicia desde la floración, por tal es importante velar por las condiciones de la fruta también desde estadios tempranos.
- La variedad a elegir: las variedades con pigmentaciones rosadas con mayor presencia de cianidina, que son las antocianinas más sensibles a los factores externos versus las variedades más oscuras con mayor presencia de malvidina

que son de mayor estabilidad; por tal en condiciones de alta temperatura, superiores a los niveles críticos de 30 °C la máxima, es preferible elegir estas últimas variedades.

- Las variedades más claras requieren de mayor atención en cuanto al manejo de la luz, los controles de temperatura, riego, nutrición, entre otros debido a la mayor inestabilidad de sus antocianinas.

El crecimiento post cuaje está dado por la acción de hormonas como la giberelina y las auxinas, las cuales deben ser complementadas por aplicaciones externas de ácido giberélico (se encarga de adelgazar y aumentar el calibre de la baya) o forchlorfenuron (aumenta calibre y firmeza de la baya) para obtener el calibre deseado, sobre todo en vides sin semilla; sin embargo, es importante considerar que la aplicación de estos productos inhibe o retrasa el desarrollo de color. Por tal, es necesario cuidar todos los otros factores que aportan en el calibre, para no depender de dosis muy elevadas de estas hormonas, tales como:

- El riego post envero es fundamental para el calibre. Un estrés hídrico en esta etapa puede significar resultados negativos para el calibre. Se tiene como calibre crítico los 4 mm. promedio de baya, debido a que a partir de aquí la baya puede tener mayor resistencia.
- Temperaturas superiores a los 32 °C durante flor o cuaja pueden afectar el calibre.
- Se dice que se obtiene el máximo calibre una vez que el azúcar ha alcanzado su máximo nivel.
- Control de carga, considerando esto como la capacidad de la planta para poder hacer madurar esa cantidad de fruta, en función al número de hojas fotosintetizando. Verificar las labores de deshoje cuando hay fruta, en función a los ratios dados por la bibliografía: Red Globe: 6 – 10 cm² área foliar/ g. De fruta. Flame - Crimson: 10 – 12 cm² área foliar/ g. De fruta.
- El exceso de nitrógeno, así como el exceso de vigor de la planta, produce ensombrecimiento y por tal bajo color.
- Déficit de nitrógeno puede producir insolación y temperaturas por encima del límite crítico que posteriormente afectará el color de la fruta.

- Exceso de potasio: puede aumentar los ácidos libres, aumentan el pH intercelular y con ello se reducen las antocianinas estables.
- Déficit de potasio: Altera la transportación de azúcares, siendo requeridas por las antocianinas para producir color.
- La segunda flor puede llegar a tener hasta 2 veces más que la primera, por tal es necesario darle preferencia al momento de la selección de racimos finales.

Muchos son los factores que pueden mermar en la toma de color, uno de ellos es la alta inestabilidad de las antocianinas, la acetilación de las mismas (cambio de un grupo acetilo por una molécula de Hidrógeno) es lo que le produce estabilidad a las mismas y se da como un mecanismo de estrés lumínico, por tal las condiciones de alta luminosidad favorecen la estabilidad de dichos pigmentos. Esto es necesario tomar en cuenta como parte del manejo agronómico, para la apertura de calles que permita una buena iluminación, pero teniendo en consideración que la temperatura es el factor más determinante para el desarrollo de color, ya que a una luminosidad directa que permita que las temperaturas lleguen y superen los 30 °C el efecto negativo de la temperatura será preponderante en el color.

La temperatura ideal para la formación del color es de 20 – 25 °C, siendo perjudiciales temperaturas superiores a los 30 °C, y superiores a 35 °C inhiben completamente la síntesis de antocianinas pudiendo hasta degradar los ya existentes; esto debido a una desglucosilación de los pigmentos, viéndose reducida la actividad de la UFGT.

Otro factor a considerar es que la toma de color en uva se da naturalmente de manera tardía, a diferencia de muchos cultivos que son regulados al inicio de la vía biosintética, debido a que en el caso de la vid, se da a nivel de transcripción, principalmente por los genes que regulan la expresión de UFGT que se encarga de agregar un azúcar a una antocianidina haciéndola estable; y paralelo a este momento del envero se van produciendo una serie de cambios importantes para la maduración de la fruta, es por tal que debemos de darle la debida consideración a las condiciones previas de la planta para esta etapa.

Como parte del proceso fisiológico los azúcares (Sólidos solubles totales – SST) van aumentando a partir de la semana 7 post floración llegando a una mayor acumulación entre la semana 9 y 10 post-flor para luego llegar a su máximo; siendo las principales azúcares: la fructosa y la glucosa, siendo la primera la que posee mayor capacidad edulcorante.

La acidez titulable (AT) disminuye a partir de la semana 5 o 6 previo a cosecha, la cual coincide con la toma de color debido a la biosíntesis de etileno; haciéndose constante entre la semana 3 a 4 previa a cosecha.

El ratio de SST / AT, es el mejor ratio indicador del sabor, este se alcanza en momentos diferentes entre las distintas variedades, mientras que en Red Globe por ejemplo se alcanzó entre las semanas 3 a 4 antes de la cosecha se tuvo que esperar a que la fruta tome color, mientras que en variedades un poco más ácidas como la Crimson y Thompson en las mismas condiciones llegaron a su equilibrio de SST/AT a una semana antes de cosecha.

Con esta información pudimos crear indicadores que determinan si los resultados en el desarrollo de color están asociados a temas de temperatura o con otros parámetros que nos permite validar y hacer correcciones puntuales al manejo agronómico, por ejemplo:

- Determinar cuándo un problema de bajo color fue dado por temperaturas elevadas, asociando también los resultados de acidez bajos a los habituales, produciendo también un sabor plano.
- Determinar si los problemas de color están asociados a los niveles de Potasio en la planta previo a pinta mediante la contrastación de los resultados de análisis de potasio en fruta y los resultados de color en campo.
- Determinar si el bloqueo de las antocianinas fue debido a alcanzar un cierto nivel de azúcar – 24 °Brix.
- Desarrollar ensayos que contrasten los efectos de las dosis de Giberélico y CPPU con la falta de color.

2.3.2 Uso de reguladores de crecimiento para el desarrollo de color en uva de mesa

Acerca del uso de Reguladores de crecimiento, es necesario considerar que el momento de la aplicación de ethephon es clave en su efecto sobre el desarrollo de color, siendo en Pinta el mejor efecto, disminuyendo durante el ablandamiento de baya y siendo casi nulo al momento de cosecha.

El uso de ethephon produce efectos negativos en la calidad de la baya (firmeza) y posiblemente también en la condición de la fruta, pudiendo acelerar la deshidratación del raquis y el desgrane de la fruta.

El uso de ABA es mejor realizarse en pinta. De acuerdo a los resultados de bajo efecto luego de 2 semanas de envero se ajusta los momentos de aplicación de este activo.

Hay resultados contradictorios entre el efecto del ABA en la firmeza de la baya. Es necesario seguir investigando al respecto.

Las dosis para ambos reguladores de crecimiento varían de acuerdo a los requerimientos de la variedad, edad y vigor del cultivo.

Si bien los reguladores de crecimiento usados para el desarrollo de color son una gran herramienta; tenemos que contrastar tres aspectos en su uso, el primero al incremento de costos en el manejo, el segundo lo errático de sus resultados, y lo tercero y más fundamental es la degradación del ingrediente activo en la fruta, de tal manera que no supere el Límite Máximo de Residuo de destino.

2.3.3 Residualidad del Ethephon

El **LMR** (Límite Máximo de Residuo) es la cantidad máxima de residuos de determinado plaguicida sobre determinado producto agrícola permitida por la Ley. Es decir, la cantidad que no puede ser sobrepasada para que el producto pueda ser puesto en circulación o comercialización. Como bien menciona la definición de inocuidad alimentaria, el incumplimiento del mismo tiene implicancias legales. El LMR puede variar de acuerdo al destino, debido que los cálculos del mismo se hacen en función a información de la canasta diaria que varía de acuerdo al consumo de cada país. La Unión Europea tienen sus Límites Máximos de Residuos homologados, salvo para algunos países específicos.

Es necesario tomar en cuenta, que para distintos LMRs de diferentes mercados de destino es necesario asumir el cumplimiento del más restrictivo. Por ejemplo, para el caso del ethephon en uva de mesa, el LMR para USA es de 2 ppm de ingrediente activo, mientras que el LMR para la Unión Europea es de 1 ppm, para lo cual tomaremos como la restricción básica el LMR de la Comunidad Europea.

Una de las principales limitaciones para el uso de ethephon son los resultados erráticos conocidos en cuanto a la residualidad del activo, que en ocasiones supera el límite máximo de residuos, que como mencionamos líneas arriba, atenta contra la inocuidad alimentaria. Actualmente debido a curvas de degradación desarrolladas por empresas locales en coordinación con las empresas comercializadoras se ha venido manejando mejor el problema, sin embargo, vemos aún cierta variabilidad en los resultados obtenidos de las aplicaciones comerciales versus los resultados de los ensayos.

Se han presentado en años anteriores resultados que superan los LMRs del ethephon para uva de mesa procedente del Perú; es por tal que se inició conjuntamente con algunas empresas comercializadoras del producto, y la intervención del SENESA, el desarrollo de curvas de degradación de la molécula para las realidades del valle de Ica.

La figura 3 muestra la curva de degradación con dos repeticiones elaboradas para las condiciones de Agrícola Don Ricardo, en el valle de Ica. Ambas tienen resultados muy

similares, evidenciando una muy rápida degradación del activo, incluso desde el mismo día de la aplicación sus resultados son menores al LMR más restrictivo de 1 ppm.

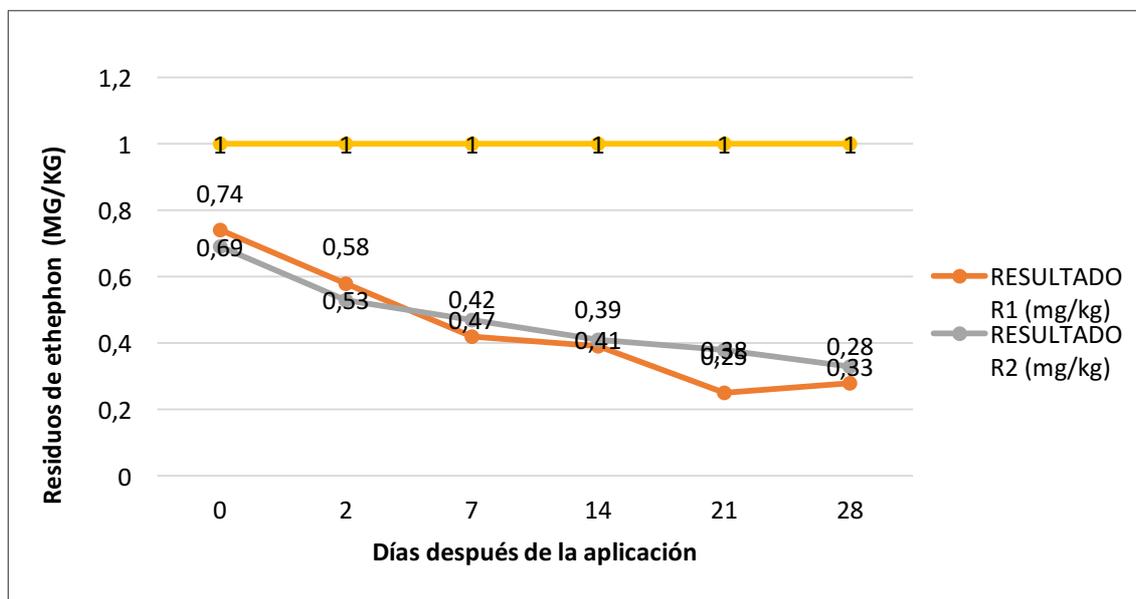


Figura 3: Curva de degradación del Ethepon

FUENTE: Resultados Análisis de Residuos var. Crimson – Valle de Ica.

Este comportamiento difiere ocasionalmente a los resultados de los análisis de las aplicaciones comerciales de ethephon, en las que se muestran residuos superiores a los obtenidos en esta curva.

La Figura 4 muestra los resultados de la curva de degradación de ethephon de Ferrara *et al.* (2016), donde se compara dos dosis diferentes de la molécula (1445 mg/L y 2990 mg/L de ingrediente activo). Con la primera concentración la curva tuvo un valor del modelo R^2 de 0.84 y el DT50 y DT90 fueron 5.3 días y 17.6 días respectivamente. Con la concentración mayor el modelo de la curva tuvo un mejor valor ($R^2 = 0.91$) y ligeramente superior DT50 y DT90 de 5.7 y 18.9 días respectivamente. Tal como lo esperado, la concentración residual declinó rápidamente hasta la cosecha, llegando a niveles pre-cosecha de 16 días desde el tratamiento, está bien definido y dirigido a niveles de residuos claramente por debajo de los LMR esperados en uva de mesa.

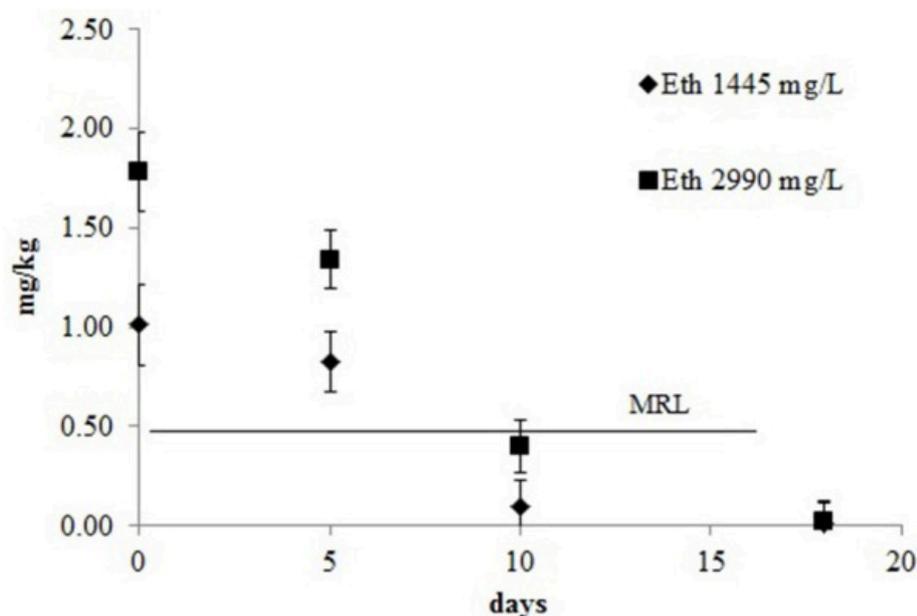


Figura 4: Modelo de degradación de ethephon para uva de mesa.

FUENTE: Ferrara *et al.*,2016

Los resultados de residualidad del ethephon pueden diferir entre una variedad y otra, así como en función a la edad de la planta, vigor de la misma, carga, y otras variables de la aplicación.

A través de los muchos resultados obtenidos por las cosechas comerciales, se obtuvo como necesario respetar el periodo de seguridad entre la última aplicación y la cosecha en 21 días. Determinado por la evaluación del resultado del monitoreo diferenciado por variedades, que nos permite complementar la data de los resultados para un análisis más exhaustivo de los mismos.

Fue necesario el desarrollo de una plantilla especializada para calcular la dosis del ethephon a aplicar, ya que en ocasiones de utilizar como maquinaria de aplicación la Electrostática (ESS) – sistema de cobertura diferente que requiere un mojado muy inferior, los cálculos obtenidos al hacerlo por volumen aumentaban significativamente la dosis por hectárea y esto podría ser claramente motivo de obtener resultados por encima de los LMRs.

III APRECIACIONES FINALES

3.1 NIVEL DE BENEFICIO OBTENIDO

3.1.1 Manejo agronómico para el desarrollo de color

En el Perú para uva de mesa sin semilla, un buen rendimiento es de 20 TM por hectárea, para frutas de color estábamos con un porcentaje aproximado de descarte de campo del 25% (desde la fruta colgada en campo hasta el empaque en la planta de proceso), lo cual nos daba un resultado exportable de 75% desde campo, que significa 15 TM exportables por hectárea, equivalente a 1750 cajas de 8.2 Kg. aproximadamente. Estos cálculos variarán en función al manejo agronómico, condiciones climáticas del año, problemas fitosanitarios, y qué tan exigentes son los mercados a donde queremos llegar.

Hemos tenido, en años anteriores, problemas serios de color, pudiendo llegar en porcentaje del descarte a 10% y en ocasiones mayor por fruta descartada por temas de color en un año complicado, de temperaturas elevadas y con pocos diferenciales térmicos. Posiblemente sumado a un mal manejo de canopias, temas nutricionales y de riegos, exceso de uso de giberelinas o CPPU, y mal uso de reguladores de crecimiento para el desarrollo de color.

Asumiendo estos dos porcentajes tenemos aproximadamente 500 Kg. de fruta descartada por problemas de color por hectárea (10% de cinco TM de descarte), que considerando el retorno promedio de USD 3 dólares por Kilogramo de fruta exportada, estaríamos dejando de percibir USD 1500 por hectárea por problemas de color. Al ver estos resultados es que decidimos coleccionar la información necesaria, comenzar a desarrollar ensayos de color y seguir estrategias conjuntas que nos permitan alcanzar mejores retornos.

Para las campañas 2014 y 2015 se obtuvieron resultados bastante alentadores siguiendo con las recomendaciones dadas, alcanzando porcentajes de descarte de campo de 20% y en algunas variedades como Crimson 10% descarte de campo, lo cual nos permitió aumentar la rentabilidad de la empresa. En este proceso, también se vieron mejores resultados en cuanto al calibre de la fruta.

3.1.2 Uso de reguladores de crecimiento

La uva de mesa sin semilla requiere de la aplicación de reguladores de crecimiento como el ácido giberélico para aumentar el calibre o el forchlorfenuron para mejorar la firmeza de la baya y a su vez aumentar el calibre. La aplicación de estos productos retrasan e inhiben el desarrollo del color.

Paralelamente a esto, la bibliografía nos dice que el principal almacenamiento de antocianinas es la piel y las semillas, entonces para variedades apirenas tenemos un almacén menos de estos pigmentos, lo cual desfavorece la fisiología natural para el desarrollo de color.

Por estas razones, los productores de uva de mesa sin semilla están prácticamente obligados a la aplicación de reguladores de crecimiento que favorezcan el desarrollo del color, de tal manera que contrarresten los efectos desfavorables para el mismo.

Tal como lo hemos visto, los reguladores de crecimiento más usados son el ethephon y el ácido abscísico (ABA), teniendo este último la ventaja de no estar regulado, es decir, no tener un LMR establecido por ley en los mercados de destino, pero tiene la desventaja de tener un precio superior a 100 veces más el precio del ethephon; esto debido a la dificultad en extraer esta hormona a partir de la fuente natural.

Por tal, estos sistemas implementados permitieron el uso de la molécula de ethephon de una manera más segura, evitando los riesgos de ser infractores de la ley de residuos de los países de destino, pérdida total del producto por problemas de inocuidad alimentaria, que nuestra fruta sea rechazada por nuestros clientes, dañar el prestigio ganado por el cumplimiento en el volumen y calidad de nuestros envíos de uva de mesa.

IV CONCLUSIONES

- El conocimiento de la fisiología vegetal es importante para determinar las estrategias del manejo agronómico.
- El color es una de las características más resaltantes en la calidad visual de la uva de mesa.
- El uso de reguladores de crecimiento es necesario, pero debe ser complementado con un conjunto de actividades que permitan mejorar las condiciones de color para la fruta, de tal manera que podamos reducir las dosis requeridas de los mismos para evitar problemas de residualidad del activo por encima de lo permitido; reducir los problemas secundarios de calidad como firmeza, o menor vida post-cosecha, o no incrementar los costos operativos de manera significativa.
- Son muchos los factores externos que influyen en el desarrollo de color, siendo los de mayor impacto la temperatura (permaneciendo por debajo de 30 °C la máxima) y una adecuada luminosidad, la cual favorece al color, pero cuidando no aumentar la temperatura sobre los niveles críticos.
- Es importante considerar los otros factores que influyen a diferentes niveles en el desarrollo de color: riego, nutrición, carga, vigor de la planta, variedad, entre otros.

V RECOMENDACIONES

- Fomentar la investigación acerca de la fisiología de la uva de mesa sin semilla; ya que la gran parte de la misma está basada en uva de mesa con semilla.
- Desarrollar ensayos de dosificación de reguladores de crecimiento en las diferentes zonas productoras de uva de mesa en el país, para determinar los mejores resultados costo-beneficio.
- Desarrollar ensayos para la obtención de curvas de degradación de ethephon para las diferentes zonas productoras de uva de mesa en el país.
- Cuantificar el impacto en la rentabilidad del negocio para las mejoras agronómicas relacionadas al desarrollo de color.

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Catania, C.; Avagnina, S.; 2007. La maduración de la uva. Curso Superior de Degustación de Vinos. EEA Mendoza. INTA. Capítulo 18.

CODEX STAN 255-2007. Norma del Codex para las uvas de mesa

Cruz Vargas, Carolina. Génesis y manejo de color en Uvas de mesa. (2014)

<http://www.uvanova.cl/assets/color.pdf>

Del Valle Leguizamón, Graciela; González León, Alberto y Báez Sañudo, Reginaldo. 2005. Antocianinas en uva y su relación con el color. Revista fitotécnica. México. Vol. 28 (4) 359 – 368.

Ferrara, Giuseppe; Mazzeo, Andrea; Matarrese, Angela M. S.; Pacucci, Carmela; Trani, Antonio; Fidelibus, Matthew W. and Gambacorta, Giuseppe. 2016. Ethephon as a potential abscission agent for table grapes: effect on pre-harvest abscission, fruit quality, and residue. FRONTIERS in Plant Science.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4885227/>

Fidelibus, Matthew y Vásquez, Stephen. 2012. Usando reguladores de crecimiento para mejorar el color de las uvas (Using Plant Growth Regulators to Improve the Color of Grapes). Universidad de California.

<http://articles.extension.org/pages/60263/usando-reguladores-de-crecimiento-para-mejorar-el-color-de-las-uvas-using-plant-growth-regulators-to>

Ibacache, Antonio. 2009. Factores ambientales que influyen en los racimos de vid. INIA TIERRA ADENTRO.

<http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR35943.pdf>

Lavín, Arturo. 1985. Fenología del desarrollo del fruto de vid cv. País (Sin. Mission) bajo condiciones del secano interior, en Cauquenes. Agricultura Técnica (Chile) – Vol. 45 – N° 2: 145 – 151.

Léglise, Max. 1994. La Uva: sus constituyentes. II (Para Utn) Vinificaions&Fermentations. Les MéthodesBiologiques Apliques á la Vinifications& a l’oenologie. Le Courier du Libre

<http://www.videsyvinos.com/newcomp.php?id=462>

Muñoz-Robredo, Pablo; Robledo, Paula; Maríquez, Daniel; Molina, Rosa y Defilippi, Bruno G. 2011. Caracterización de azúcares y ácidos orgánicos en variedades comerciales de la uva de mesa. Chilean Jar (ChileanJournal of AgriculturalResearch). Yara. Nutrición vegetal

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392011000300017

Orriols, I. 2006. La maduración: Componentes de la uva. Curso de Viticultura y enología. Sergude. Junta de Galicia. Caracterización de azúcares y ácidos orgánicos en variedades comerciales de la uva de mesa

Peppi, Cecilia. 2013. Desarrollo Y Manejo De Color En Uva De Mesa. UCHILECREA

<http://www.redagricola.com/reportajes/frutales/desarrollo-y-manejo-de-color-en-uva-de-mesa>

Peppi, Cecilia. 2014. Cómo enfrentar los problemas de color en uva de mesa.

<http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2014/10/Uva-Color-Peppi.pdf>

Retamales, Julio; Defilippi, Bruno (1994) Manejo de Postcosecha. Centro Regional de Investigación La Platina (INIA), Castilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

San Martín, Daniela. 2014. Cómo enfrentar los problemas de color en uva de mesa. El Mercurio. Campo.

<http://www.inia.cl/wp-content/uploads/2014/10/Uva-Color-Peppi.pdf>

Sotés, Vicente. 2004. Comportamiento Fisiológico de la vid en climas cálidos y en particular durante el periodo de maduración de la uva. I Workshop Internacional de Pesquisa. A Producao de Vinhosem Regiones Tropicais.

Stafne, Eric; Martinson, Tim. 2011. Etapas del desarrollo de la uva (Stage of grape berrydevelopment).

<http://articles.extension.org/pages/31163/etapas-del-desarrollo-de-la-uva-stages-of-grape-berry-development>