

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



EFFECTO DEL ÁCIDO ABCSÍCO SOBRE EL FENOTIPO Y LA CALIDAD DEL
FRUTO EN LOS CULTIVARES DE VID SHIRAZ Y CABERNET FRANC
“TESIS”

Que presenta MARÍA DE LA LUZ MANCERA NOYOLA

Como requisito parcial para obtener el Grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERIA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

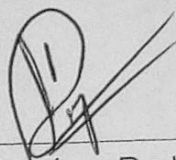
Saltillo, Coahuila

Diciembre, 2018

EFFECTO DEL ÁCIDO ABSCÍSICO SOBRE EL FENOTIPO Y LA CALIDAD DEL
FRUTO EN LOS CULTIVARES DE VID SHIRAZ Y CABERNET FRANC

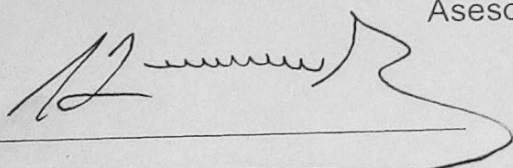
Tesis

Elaborada por MARÍA DE LA LUZ MANCERA NOYOLA como requisito parcial
para obtener el Grado de MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA DE
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN con la supervisión y aprobación del Comité de
Asesoría



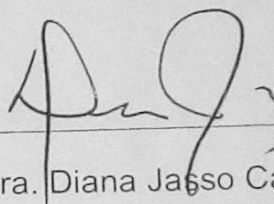
Dr. Homero Ramírez Rodríguez

Asesor principal



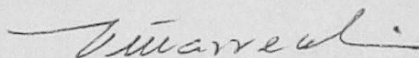
Dr. Alejandro Zermeno González

Asesor



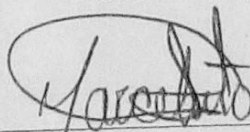
Dra. Diana Jasso Cantú

Asesor



Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla

Asesor



Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2018

AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO por abrirme sus puertas y formarme a nivel maestría.

Al postgrado de INGENIERÍA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN por a verme aceptado en este programa, en especial a los maestros por los conocimientos aportados.

AL DR. HOMERO RAMÍREZ RODRÍGUEZ por permitirme colaborar en este proyecto, por el apoyo y conocimiento brindado.

AL DR. ALEJANDRO ZERMEÑO GONZÁLEZ por su buena disposición a colaborar en este proyecto y su apoyo.

A LA DRA. DIANA JASSO CANTÚ por el apoyo, sus acertadas sugerencias en la revisión de la presente investigación.

AL DR. JOSÉ ÁNGEL VILLARREAL QUINTANILLA por el apoyo, sus acertadas sugerencias en la revisión de la presente investigación.

A LA T.L.Q MARIA GUADALUPE PEREZ OVALLE por el tiempo y conocimiento brindado en este proyecto.

AL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS CINVESTAV, por su colaboración en el presente proyecto.

AL CONACYT por el apoyo becario que me otorgó durante mis estudios de maestría.

DEDICATORIAS

A mi madre Teresa Noyola Trejo: Una cometa no se eleva en el aire a menos que alguien sostenga el hilo, incluso si esa cometa llega muy alto debes confiar en la persona que sostenga la cuerda, esa persona debe ser leal y creer en ti, debe tener la fuerza para jalarte de regreso. Gracias por sostener mi cuerda.

A mi padre Salvador Mancera Pérez: La mejor versión de mi es gracias a ti.

A mis hermanos: Luis, Jesús y Patricia son la mejor compañía, llenan mi vida de felicidad y recuerdos gratos.

A Ulises Aranda Lara: Ninguna medida de tiempo será suficiente contigo.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE CUADROS	viii
Resumen	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
HIPOTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Importancia de la viticultura en México	4
Problemas en la viticultura	5
Taxonomía de la vid.....	5
Cultivar Shiraz.....	6
Cultivar Cabernet Franc	6
Etapas fenológicas.....	6
Brotación.....	6
Floración.....	7
Formación del fruto.....	7
Envero	7
Madurez.....	8
Biorreguladores de crecimiento	8
Acido Abscísico.....	8
Antocianinas	9
Procianidinas	9
Polifenoles	10
MATERIALES Y METODOS	11
Justificación del experimento	11
Área de estudio.....	11
Material vegetativo experimental	11

Aplicación de ácido abscísico	12
Evaluación de tratamientos.....	12
Evaluación de calidad en fruto	13
Determinación de pH, sólidos solubles y acidez	13
Polifenoles totales	13
Procianidinas	14
Antocianinas totales	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
Fenotipo	16
Sólidos solubles, pH y acidez	17
Polifenoles totales	19
Procianidinas	21
Antocianinas totales	24
CONCLUSIONES.....	28
REFERENCIAS.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.-. Efecto del ácido abscísico (AAB) en el contenido de polifenoles totales en frutos maduros de vid en el cultivar Shiraz.....	20
Figura 2.-. Efecto del AAB en el contenido de polifenoles totales en el cultivar Cabernet Franc.	20
Figura 3.-. Efecto del AAB en el contenido de procianidinas en el cultivar Shiraz23	
Figura 4. -. Efecto del AAB en el contenido de procianidinas en el cultivar Cabernet Franc	23
Figura 5.-. Efecto del AAB en el contenido de antocianinas totales en el cultivar Shiraz	25
Figura 6.-. Efecto del AAB en el contenido de antocianinas totales en el cultivar Cabernet Franc	25
Figura 7.-. Efecto del AAB en la coloración de antocianinas en el cv Cabernet Franc	26

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.- Efecto del ácido abscísico (AAB) en la longitud y peso de racimos; y en el rendimiento por planta en los cultivares Shiraz y Cabernet Franc.....	17
Cuadro 2.- Efecto AAB en el pH, ácido tartárico y ° Brix, en frutos de vid cultivar Shiraz.	18
Cuadro 3.- Efecto del AAB en el pH, ácido tartárico y ° Brix , en frutos de vid cultivar Cabernet Franc.	18

Resumen

EFFECTO DEL ÁCIDO ABSCÍSICO SOBRE EL FENOTIPO Y LA CALIDAD DEL
FRUTO EN LOS CULTIVARES DE VID SHIRAZ Y CABERNET FRANC

POR:

MARÍA DE LA LUZ MANCERA NOYOLA

MAESTRÍA EN INGENIERIA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. HOMERO RAMÍREZ RODRÍGUEZ- ASESOR-

SALTILLO, COAHULA.

DICIEMBRE 2018.

En la actualidad la vid representa una de las bayas de mayor importancia y crecimiento en México. En años recientes la industria vinícola aumentó su producción como respuesta a la demanda en exportación y al reconocimiento de los vinos mexicanos en el extranjero. Un problema de actualidad en la vid que se cultiva en Parras de la Fuente Coahuila es la falta de una pigmentación plena al momento de cosecha y por ende sus consecuencias en la lenta bioquímica en componentes de maduración y su relación con los vinos elaborados. Esta situación se presenta en los cultivares Shiraz y Cabernet Franc, en el viñedo San Lorenzo de la empresa Casa Madero. Lo anterior, pudiera ser un reflejo del cambio climático ligado a una modificación adversa en temperaturas óptimas para una buena pigmentación y madurez en el fruto. Los biorreguladores son hormonas vegetales endógenas que están involucrados en los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas; entre los cuales, el ácido abscísico (AAB) es una molécula al parecer referente en esos procesos fisiológicos. En base a lo anterior y con el objetivo de evaluar el efecto de este regulador en la pigmentación y la calidad de los frutos, se asperjo AAB en dosis de 200, 400, 600 y 800 mg/L⁻¹ en la etapa de envero a los cultivares Shiraz y Cabernet Franc. Una segunda aplicación se realizó en Cabernet Franc 14 días después. Se observó que el AAB a cualquier dosis no modificó en los frutos evaluados: peso, longitud, rendimiento, sólidos solubles, acidez y pH. El AAB provocó incrementos significativos en los niveles de polifenoles, procianidinas y antocianinas en los frutos cosechados.

Palabras clave: Ácido abscísico, vid, coloración, calidad.

ABSTRACT

EFFECT OF ABSCISIC ACID ON PHENOTYPE AND BERRY QUALITY OF
GRAPE CULTIVARS SHIRAZ AND CABERNET FRANC

BY:

MARÍA DE LA LUZ MANCERA NOYOLA

MASTER OF SCIENCE IN PRODUCTION SYSTEMS ENGINEERING
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DR. HOMERO RAMÍREZ RODRÍGUEZ –ADVISOR–

SALTILLO, COAHUILA.

DECEMBER 2018

Nowadays, the cultivation of grape represents one of the most important growing fruit in Mexico. In recent years the wine industry has increased its production as a result of exports and in a recognition for Mexican wines abroad. A new problem found in vineyards in Parras de la Fuente Coahuila is related to lack of berry pigmentation at harvest time and a delay on biochemistry of maturity components and its impact in the wine elaboration. It happens for cultivars Shiraz and Cabernet Franc cultivars growing in San Lorenzo vineyards from Casa Madero. This characteristic could reflect the climatic change by adversaly modified those optimum temperatures linked to pigmentation and maturity in berries. Biorregulators are plant hormones involved in the growth and development of horticultural crops. Absciscic acid (AAB) is a compound involved in these physiological processes. On these basis and with the purpose to study the effect of this hormone on the pigmentation and fruit quality, in this research AAB was sprayed at 200, 400, 600 and 800 mg/L⁻¹ on cvs Shiraz and Cabernet Franc at the veraison stage. A second application was conducted in Cabernet Franc 14 days later. It was observed that AAB at any dosis did not affect weight, length, pH, soluble solids and acidity in fruits nor in yield. AAB provoked a significative increment in the levels of polyphenols, procyanidins and anthocyanins in harvested fruits.

Key words: Absciscic acid, vine, coloring, quality.

INTRODUCCIÓN

La vid es una planta cultivada desde la antigüedad y es una de las especies perennes más importantes del mundo. Este cultivo requiere normalmente un par de años para alcanzar la madurez reproductiva y luego se mantiene económicamente productiva durante más de cincuenta años. El clima y los factores climáticos como la temperatura, la disponibilidad de agua, horas de luz, etc., tienen una gran influencia sobre su desarrollo, rendimiento, composición del fruto y, por consiguiente, en la calidad del vino (Armas, 2014)

El cambio climático que se presenta actualmente, según el quinto informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, indica que las condiciones climáticas implican mayores temperaturas, con mayores periodos de sequías y mayor variabilidad anual y estacional de precipitaciones. Las proyecciones indican que el cambio climático afectará la seguridad alimentaria. En relación con cultivos adaptados a las regiones tropicales y templadas, señalan que el cambio climático está teniendo un impacto negativo en la producción con aumentos de la temperatura de 2 ° C (IPCC, 2014).

México es un país con gran vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, hacia el noroeste con zonas afectadas por sequías cada vez más acentuadas, hacia el sureste con inundaciones más constantes. El cambio climático eventualmente hará que más de la mitad del territorio cambie sus condiciones de temperatura y precipitación (FAO, 2012).

En el caso de las temperaturas, la vid es una planta sensible a heladas y exigente en calor para su desarrollo y para la maduración de la uva. La temperatura durante el periodo activo de vegetación y su amplitud son aspectos críticos debido a su gran influencia en la capacidad de madurar las uvas y obtener niveles óptimos de azúcares, ácidos y aromas, con el fin de maximizar un determinado estilo del vino y su calidad (Jones *et al.*, 2005; Armas, 2014).

Con la modificación de la temperatura debido al cambio climático, las regiones con unas características idóneas para el desarrollo y cultivo de la vid pueden verse desplazadas hacia latitudes más altas (Hannah, 2013).

El cultivo de la vid y las características de la uva que se obtiene, tienen una estrecha relación con el clima. La fenología y la maduración se ven afectadas por el cambio climático. Durante la maduración la concentración de azúcares, aminoácidos, componentes fenólicos y el potasio aumenta, mientras que el contenido en ácidos orgánicos, especialmente el ácido málico disminuye (Adams, 2006; Orduña, 2010). Como consecuencia de temperaturas superiores a los 30°C, la concentración de sólidos puede aumentar hasta niveles de 24-25° Brix. Probablemente no se deba a la fotosíntesis ni al transporte de azúcares, sino a la concentración por evaporación del agua de la baya (Keller, 2010). Estas temperaturas también producen la disminución de la síntesis de antocianinas (Tarara *et al.*, 2008), y en climas cálidos, con frecuencia se pueden alcanzar las temperaturas que inhiben su formación, y por lo tanto se produce una reducción del color de la uva (Downey *et al.*, 2006). En la actualidad, las hormonas vegetales o biorreguladores ofrecen una magnífica oportunidad para mejorar los sistemas de producción hortícolas. El uso de estas sustancias tiene la ventaja de producir efectos que no son permanentes y, por lo tanto, de ser modificados de acuerdo a las necesidades del horticultor (Ramírez, *et al.*, 2014).

En el estado de Coahuila las principales zonas vitivinícolas son los municipios de Saltillo, Arteaga y Parras de la Fuente, que se caracterizan por tener climas calurosos de entre los 25 y 30 °C lo que hace un ambiente propicio para una numerosa variedad de cultivares de vid. Actualmente Casa Madero en Parras de la Fuente, se posiciona como una de las empresas más importantes en la industria del vino en México.

A raíz de los cambios de temperatura presentados en esta zona, Casa Madero enfrenta dificultades en una de las etapas fenológicas más importantes de la vid, la madurez. La madurez lenta provoca falta de pigmentación en los frutos y por ende un riesgo de reducción en la calidad de vinos elaborados. En base a lo anterior, el propósito de la presente investigación fue evaluar distintas dosis de ácido abscísico en los cultivares Shiraz y Cabernet Franc, con el objetivo de aumentar la coloración de los frutos y mejorar la calidad en frutos destinados a la elaboración de vino y evaluar los resultados como una alternativa que contribuya a la mejora en la cadena vitivinícola de ambos cultivares.

OBJETIVO GENERAL

Conocer el efecto del ácido abscísico (AAB) en la pigmentación y calidad del fruto en los cultivares de uva Shiraz y Cabernet Franc.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Medir el AAB en el contenido de pigmentación del fruto.
2. Medir el efecto del AAB en componentes de calidad en frutos.

HIPOTESIS

La aplicación de ácido abscísico en la etapa de envero mejora la coloración y la calidad del fruto de los cultivares Shiraz y Cabernet Franc.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia de la viticultura en México

En México se plantan 70 hectáreas anuales destinadas al cultivo de uva para la producción de vino, destacando las que se encuentran en Baja California, Zacatecas, Coahuila y Querétaro, al producir aproximadamente 27 mil toneladas de uva en cada ciclo agrícola (SAGARPA, 2016). México es considerado el productor más antiguo de vino en Latinoamérica (Palencia, 2006)

En 2004, la cantidad productiva de las empresas en el país era de 24 millones de cajas, lo que representa alrededor de 216 mil toneladas de uva (Guzmán, 2007). Para 2005, la producción de vino ascendió a 1.678 millones de cajas de vino, representadas en 14.432 millones de litros (SAGARPA, 2005). La industria nacional exporta cerca del 25% de su producción vitivinícola, el mayor porcentaje al mercado europeo. En 2007, la producción de vino se situó en 14 millones de litros, manteniéndose la tendencia productiva (Falcón, 2009). Según la Organización para la Alimentación y la Agricultura en Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México (2012), la producción de vino en México fue de 38,000 toneladas en 2010.

Para el 2016 la producción de uva creció 6.05% con un total de 351,309 toneladas, debido principalmente a un aumento del rendimiento, ya que se redujo la superficie sembrada 10.15%. de la cual para el sector vitivinícola representa el 22.93% de la producción total. En el 2016 las exportaciones mexicas tuvieron mayor presencia en la participación de mercado en Estados Unidos, Canadá y El Salvador. (SIAP, 2017).

La vitivinicultura mexicana genera alrededor de 500,000 jornales anuales en el campo y alrededor de 1,200 empleos fijos en este sector. Se calcula que cada empleo generado en la industria promueve la generación de 10 empleos indirectos relacionados con la industria del papel, vidrio, turismo, agroquímica y gastronomía, entre otras. El valor anual de la industria vitivinícola mexicana oscila en los 4 mil 232 millones de pesos (SAGARPA, 2016)

Problemas en la viticultura

Esta actividad agroindustrial ha logrado posicionarse en segmentos de mercado de calidad con productos diferenciados por su alto valor agregado. Sin embargo, en los últimos años, la superficie destinada al cultivo y crecimiento de la industria en general, se ha visto modificada de forma negativa a consecuencia del cambio climático, principalmente en lo referente a la escasez de agua y al crecimiento poblacional (Gaeta, 2006; Venegas, 2012).

En variedades de baja intensidad de coloración (rosadas), como Red Globe se ha observado reducción en el color de las bayas y de sólidos solubles cuando la incidencia de radiación solar se ve disminuida (Pérez, 2000).

Está documentado que el sombreado excesivo en la zona donde se ubican los racimos, produce bayas de menor calibre, bajo contenido de sólidos solubles, color verde translúcido, apariencia débil, grosor de la cutícula menor, tendencia a tener bayas acuosas o palo negro y un incremento del desgrane o pérdida de la unión baya/pedicelo en la variedad Thompson seedless (Kliewer y Antcliff 1970; Crippen y Morrison 1986).

Taxonomía de la vid

La vid es una planta angiosperma, de la clase de las dicotiledóneas, subclase con flores más simples (choripetalae), pero en el grupo dotado de cáliz y corola (Dialypetalae). Pertenece al orden Rhamnales, que son plantas leñosas de vida larga (Salazar y Melgarejo, 2005). La planta de vid se integra por dos plantas; una que constituye el sistema radical (*Vitis spp.* del grupo americano, en su mayoría), denominado patrón o portainjerto y, otra la parte aérea (*V. vinifera* L.), denominada púa o variedad. Esta última constituye, en el futuro; el tronco, los brazos y los pámpanos que portan las hojas, los racimos y las yemas. La unión entre ambas zonas se realiza a través del punto de injerto. El conjunto es lo que se conoce con el nombre de cepa (Martínez de Toda, 1991).

Cultivar Shiraz

El cultivar Shiraz o también llamada Syrah es reconocida por producir frutos de coloración oscura intensa. Este cultivar es utilizado en la producción de vinos tintos de sabor intenso, puede ser utilizado solo o combinado para la producción de vino, el fruto produce aromas ahumados y chocolateados, presenta una maduración más temprana que otros cultivares. Debido a su concentración elevada de taninos y por su intensa coloración, puede tenerse en añejamiento hasta 15 años para producir vinos de calidad (Karibasappa, 2014)

Cultivar Cabernet Franc

La vid es vigorosa y erguida con hojas de color verde oscuro y de cinco lóbulos. Las uvas son muy pequeñas y de un color azul oscuro con piel muy fina. Su brote temprano plantea el peligro vitivinícola del corrimiento temprano en la estación de crecimiento. Rica en taninos y colores, es muy adecuada para la crianza. El vino de Cabernet Franc tiene menos cuerpo, menos color y es menos ácido, pero es más aromático. Dependiendo del lugar de cultivo y el estilo algunos aromas que este cultivar puede desarrollar son: picantes, tabaco, frambuesas y algunas veces incluso violetas (Provisorios, 2012)

Etapas fenológicas

Brotación.- En primavera las yemas comienzan a hincharse y las escamas protectoras que las cubren se abren y dan lugar a la borra, que es la yema sin protección. Esta es la primera manifestación del crecimiento (Reynier, 2002). La vid posee yemas invernales laterales en sarmientos del ciclo de cultivo anterior, compuesta de varias yemas bajo el mismo grupo de escamas. La yema central primaria puede ser mixta y originar un brote que porta, hacia la base, 1 a 3 racimos laterales opuestos a una hoja ubicados según el grado de fertilidad; más hacia arriba en el brote se encuentran zarcillos opuestos a hojas que son pedúnculos de inflorescencias incompletas desarrolladas. La yema secundaria de la yema compuesta puede ser mixta en algunas variedades, pero con menor número de inflorescencias y flores (Gil, 2000).

Floración El inicio de la floración corresponde al momento en que la caliptra comienza a caer y coincide aproximadamente con 16 hojas separadas en el brote (Coombe, 1995). La floración tiene su origen y desarrollo inicial dentro de la yema fructífera a partir del primordio no diferenciado en la temporada anterior a la cosecha. Sin embargo, la diferenciación floral ocurre solo 3 a 4 semanas luego de la brotación (Buttrose, 1974). El número de primordios florales desarrollados en cada yema depende de la variedad, la edad, del vigor, de la nutrición, del nivel de carbohidratos, de los reguladores de crecimiento, del estrés hídrico y de los factores climáticos (Gil, 2000).

Formación del fruto El desarrollo de las bayas empieza con la polinización (50 días después de polinización y continúa hasta la madurez (Salazar y Melgarejo, 2005). Se traduce en un incremento en parámetros físicos (volumen, tamaño, color, dureza) y una evolución de compuestos químicos (azúcares, pH, acidez, compuestos fenólicos). La evolución armoniosa de los diferentes componentes químicos de la baya, junto con el desarrollo óptimo de los aspectos físicos, durante el crecimiento y desarrollo de los frutos de la vid, para llegar en óptimas condiciones al momento de cosecha (Almanza-Merchán, 2008; Almanza-Merchán y Balaguera, 2009; Almanza-Merchán, 2011).

Envero El envero es el estadio más corto, puede oscilar entre 7 a 40 días (Mullins *et al.* 2000). Se caracteriza porque la baya cambia de color y se pone elástica (Hernández, 2000; Winkler *et al.* 1974) En este estadio se presenta una disminución de ácidos y acumulación rápida de azúcares y compuestos fenólicos en las bayas (Salazar y Melgarejo, 2005).

Madurez La madurez es una fase del ciclo reproductor de la uva que dura entre 40 y 50 días. Este periodo se caracteriza por una serie de cambios físico-químicos que se producen gradualmente, de forma no homogénea (Huglin, 1986). Desde el envero, a lo largo del periodo de maduración la baya alcanza su tamaño y forma definitiva sufriendo aumento de peso y volumen de hasta un 40%. Este fenómeno se debe principalmente al aporte continuo de agua hacia el fruto, la acumulación de azúcares y otras sustancias de reserva. (Carrol *et al.*, 1982; Villen *et al.*, 1985).

Biorreguladores de crecimiento

Los biorreguladores son compuestos orgánicos de origen natural, que, en pequeñas concentraciones, aceleran, inhiben o modifican los procesos fisiológicos de las plantas (Ayala, *et al.*, 2000).

Botta *et al.*, (2012) mencionan que los biorreguladores son compuestos capaces de aumentar el desarrollo de las plantas, acelerar el alargamiento y la división celular, así como incrementar la producción de biomasa y rendimiento en cultivos de importancia económica. También ayudan a potenciar la resistencia a bajas temperaturas, disminuyen el daño producido por los herbicidas en las cosechas y favorecen el desarrollo de las plantas en estrés hídrico, así como la tolerancia a la salinidad del suelo (Yokota y Takahashi, 1986).

Acido Abscísico

El ácido abscísico (AAB) es un sesquiterpenoide (15 carbonos). Como cualquier terpenoide, AAB deriva de un precursor común de 5 carbonos, el isopentenil pirofosfato (Rodríguez-Concepción y Boronat, 2002). AAB es sintetizado desde un precursor carotenoide C40 el cual es escindido por una enzima localizada en plastidios (Zeevaart, 1999).

Controla procesos ligados al desarrollo de la planta, incluyendo la síntesis de proteínas y lípidos de almacén en semillas, la adquisición de la tolerancia de semillas a la desecación y la inhibición de la transición a germinación y crecimiento reproductivo. También estimula el cierre estomático inducido por sequía o estrés osmótico, la inducción de tolerancia a sequía, salinidad, hipoxia, bajas temperaturas

y respuestas a heridas y patógenos (Leung y Giraudat 1998; Yamaguchi y Shinozaki 2005).

El AAB no afecta a la producción de etileno. Con el estrés se produce un aumento en la cantidad de AAB en los frutos. En los frutos climatéricos, AAB provoca en mayor medida el adelantamiento de la maduración. En los frutos no climatéricos, el AAB acelera en mayor medida el proceso de desverdización (Vera *et al.*, 2012).

Antocianinas

Las antocianinas son glucósidos de las antocianidinas, es decir, están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace β -glucosídico. La estructura química básica de estas agliconas es el ion flavilio (Badui, 2006). Son los pigmentos responsables de la coloración rojo-azul de frutas como uva, fresa y ciruelas (Kaur y Kapoor, 2001). Las antocianinas se localizan en el hollejo de las uvas, en las tres o cuatro primeras capas celulares de la hipodermis, excepto en cultivares tintoreros donde también se hallan en la pulpa (Moskowitz y Hrazdina, 1981; Ros Barceló *et al.*, 1994; Souquet *et al.*, 1996). Los extractos ricos en antocianinas pueden mejorar la agudeza visual, mostrar actividad antioxidante, atrapar radicales y actuar como agentes quimio-protectores. Las antocianinas también juegan un papel en las propiedades antidiabéticas tales como control de lípidos, secreción de insulina y efectos vaso-protectivos (Shipp y Abdel-Aal, 2010).

Procianidinas

Las procianidinas son un tipo de flavonoides que incluyen catequinas y epicatequinas, mejor conocidos como taninos (Yamakoshi *et al.*, 1999). Existen dos grupos mayoritarios de taninos en la uva; las procianidinas derivadas de catequina y epicatequina; y los prodelfinidoles, derivados de galocatequina y epigalocatequina (Ribéreau, 1976). Por todo lo anterior es correcto hablar de proantocianidinas, ya que los taninos están constituidos por procianidinas y prodelfininas (Souquet, *et al.*, 1996); siendo las procianidinas unidas a las antocianinas responsables del color amarillo, rojo y azul de los vinos (Singleton y Esau, 1969). Durante el proceso de envejecimiento se produce una polimerización de las procianidinas que da lugar a

una disminución del gusto amargo y de la astringencia (Lea,1990; Noble ,1990), de la sensación de estructura y cuerpo del vino (Fischer y Strasser, 1999; Ribéreau-Gayon *et al.*, 1999; Montedoro y Bertuccioli, 1988). Así mismo las procianidinas se involucran en la capacidad del vino para resistir la capacidad oxidativa en la barrica (Glories y Galvin, 1989).

Polifenoles

Los compuestos fenólicos constituyen uno de los principales metabolitos secundarios de los vegetales, donde desempeñan diversas funciones fisiológicas. La actividad biológica de los polifenoles está relacionada con su carácter antioxidante, el cual es debido a su habilidad para quelar metales, inhibir la actividad de la enzima lipooxigenasa y actuar como atrapador de radicales libres (Andrés-Lacueva *et al.*, 2010). Los polifenoles presentan en su estructura química uno o más anillos de benceno y uno o más grupos hidroxilados con algún elemento común, como los grupos funcionales de esteres, esteres de metilo y glicósidos. Los polifenoles son moléculas muy reactivas que normalmente se encuentran combinadas con azúcares, como la glucosa, galactosa, arabinosa, ramosa, y los ácidos glucurónicos y galacturónicos (Kaur y Kapoor, 2001).

MATERIALES Y METODOS

Justificación del experimento

Para la presente investigación se consideró la problemática que actualmente presentan los cultivares de uva Shiraz y Cabernet Franc en los viñedos de Casa Madero en Parras de la Fuente Coahuila; los cuales, en años recientes y probablemente relacionado al cambio climático presentan en las bayas una pigmentación desuniforme y de menor intensidad. Esto, modifica la calidad de los vinos. Por lo anterior, y con el propósito de desarrollar una alternativa para aliviar esas deficiencias, se definió aplicar ácido abscísico en la etapa de envero, considerando esta fase como crucial para modificar positivamente la pigmentación en los frutos.

Área de estudio

El presente estudio se realizó en colaboración con Casa Madero, viñedo San Lorenzo localizado en el municipio de Parras de la Fuente Coahuila, ubicado en las coordenadas 102°11' longitud oeste y 25° 26' latitud norte, a 1,533 msnm y en el laboratorio de postcosecha del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicado en el municipio de Saltillo en las coordenadas 101°01' longitud oeste y 25°21' latitud norte. Integrando al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) localizado en la zona industrial de Ramos Arizpe, Coahuila.

Material vegetativo experimental

Cultivar Shiraz. El material vegetal consistió en plantas de vid del cultivar Shiraz, clon 174, porta injerto S04 de doce años. La plantación fue establecida en un marco de 1.5 m entre plantas y 2.5 m entre hileras, con una densidad de 2 660 plantas/ha, el manejo del cultivo se llevó a cabo de acuerdo con los estándares de la empresa referida.

Cultivar Cabernet Franc. El material vegetal consistió en plantas de vid del cultivar Cabernet Franc, porta injerto S04 de doce años de edad. La plantación fue establecida en un marco de 1.5 m entre plantas y 3 m entre hileras, con una

densidad de 2 222 plantas/ha, el manejo del cultivo se llevó a cabo de acuerdo con los estándares de la empresa referida.

Aplicación de ácido abscísico

Se evaluaron 4 dosis de ácido abscísico (Protone SG[®] 20%, Valent Biosciences) y un testigo (H₂O) en los cultivares Shiraz y Cabernet Franc, en etapa de envero, en los meses de junio-julio 2017. Una sola dosis de 200, 400, 600 y 800 mg/L⁻¹ asperjadas al cultivo directamente en frutos en el cultivar Shiraz y una segunda aplicación de los tratamientos referidos 14 días después de la primera aspersion en el cultivar Cabernet Franc. El biorregulador fue asperjado directamente a los racimos con frutos a punto de goteo temprano por la mañana el día 7 junio del 2017 con una mochila aspersora manual de 10 L de capacidad. La segunda aplicación con AAB a las mismas concentraciones se realizó el 21 de junio del 2017. El trabajo se estableció bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar, estableciendo 4 repeticiones por tratamiento y se utilizó el sistema de análisis 'RStudio' para Windows versión 10 y los datos obtenidos se sometieron a una comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Evaluación de tratamientos

Los efectos de tratamientos fueron primeramente evaluados en campo. En cada planta se seleccionaron 4 racimos por tratamiento y se midió su longitud utilizando una cinta de medir marca Staley, Power Lock 8m/26'. La cosecha se realizó el 24 de junio del 2017 para el cultivar Shiraz y el 07 de agosto del 2017 para Cabernet Franc (52 días después de la aplicación de AAB en Shiraz y 47 días después de la segunda aplicación de AAB en Cabernet Franc). Se determinó el rendimiento de cada uno de los tratamientos; luego, se seleccionaron 4 racimos por tratamiento, se pesaron individualmente y se colocaron en bolsas de plástico, almacenándose en una hielera, se trasladaron al laboratorio de la UAAAN y se conservaron a una temperatura de -10°C para análisis posteriores.

Evaluación de calidad en fruto

Para determinar el efecto de AAB sobre la calidad en frutos, se homogenizaron cada uno de los tratamientos, juntando los 4 racimos seleccionados. Se realizaron 3 repeticiones por muestra, para cada tratamiento. Los frutos maduros por tratamiento se descongelaron, pesaron y se procesaron según los distintos análisis realizados.

Determinación de pH, sólidos solubles y acidez

Se realizó la extracción de jugo de los frutos cosechados previamente, obteniendo 15 ml de jugo por cada tratamiento, para la determinación de los parámetros de pH, sólidos solubles y acidez. La extracción del jugo se realizó con un extractor eléctrico marca Tur-mix. Posteriormente utilizando un refractómetro manual marca Atago ATC-1E, se midió el contenido de azúcares totales expresados en ° brix. Se tomaron 10 ml de jugo muestra de cada tratamiento, se filtró con ayuda de gasas, para la determinación de pH mediante un potenciómetro marca Hanna Hi98130 (AOAC, 1990).

El contenido de acidez se obtuvo mediante la titulación de la muestra referida con NaOH al 0.1N, agregando fenolftaleína al 1% como indicador de viraje. Expresando el porcentaje de acidez como porcentaje de ácido tartárico (AOAC, 1990).

Polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales se determinó por el método Wong-Paz *et al.* (2014). Se colocaron cinco gramos de fruta en un matraz (250 ml) con 50 µL de metanol al 80%. El proceso de extracción se realizó en un baño ultrasónico (Brason B series 5510). Después de la extracción ultrasónica, la mezcla se filtró en papel Whatman No. 1, el filtrado se recogió en un matraz volumétrico y se utilizó para la determinación del contenido total de polifenoles. Se tomó del extracto metanólico una alícuota de 20 µL y se mezcló con 20 µL de reactivo de Folin, se dejó reposar la mezcla por 5 min, para luego agregar 20 µL de carbonato de sodio (7.5 p/v) y dejar reposar por 5 min, para luego diluir en 125 µL de agua destilada y tomar la lectura con un espectrofotómetro a una longitud de onda de 790 nm. Los niveles de polifenoles totales se expresaron en equivalentes del estándar de ácido gálico por

gramo de peso seco de acuerdo con la curva de calibración construida con las concentraciones de 0, 100, 200,300, 400, 500 y 600 mg/L⁻¹.

Procianidinas

La determinación de procianidinas totales se realizó con la técnica de HCl-butanol (Porter *et al.*1986). Las muestras de uva se descongelaron, se pesó 1 g en una balanza analítica digital modelo Ohaus YS serie, se colocó la muestra en un tubo de ensayo con tapón de rosca, al que se le agregaron 5 ml de metanol, dejando reposar 12 horas, se filtró en papel Whatman número 1. De los extractos obtenidos se tomó una alícuota de 250 µl, que se transfirieron a un tubo de ensayo, al que se le agregaron 1.5 µL de HCl-butanol al 5% (v/v) y 50 µL de reactivo férrico. La mezcla se calentó en un baño maría (Precisión Modelo 84), por una hora a temperatura de 90 °C, para luego tomar lectura en un espectrofotómetro marca Jenway modelo 6320D a una longitud de onda de 550 nm. Los datos obtenidos se expresaron como equivalentes del estándar de procianidina-B1 (Sigma-Aldrich R). Para este estándar se elaboró una curva de calibración con las concentraciones de 0, 100,200, 300, 400, 500 y 600 mg/L⁻¹.

Antocianinas totales

Las antocianinas totales en muestras experimentales se obtuvieron por medio de espectrofotometría con la técnica de la AOAC (1990). Se utilizó 2.5 gr de hollejo de las bayas, encubadas por 24 horas en solución extractora de HCl 3N y metanol al 85%, almacenadas en frío a una temperatura de 8°C en completa oscuridad. Posteriormente se maceraron, filtraron y aforaron nuevamente con solución extractora. Para la calibración del equipo se colocaron 2 ml de peróxido de hidrogeno al 30%, más 4 ml de solución extractora en espectrofotómetro marca Jenway modelo 6320D y se leyó en porcentaje de absorbancia a 525 nm.

En una celdilla para espectrofotómetro se colocaron 4 ml de la muestra más 2 ml de peróxido de hidrogeno al 30% y se tomó lectura de absorbancia a una longitud de 520 nm. Los resultados se obtuvieron con la formula siguiente:

$$\frac{mg}{100gr} = \frac{50 * \% Abs\ 525nm}{0.405 * P}$$

Donde:

50 = Constante en base a los reactivos utilizados

% Abs 525 nm= Porcentaje de absorbancia para la lectura en espectrofotómetro

0.405= Constante en base al contenido de antocianinas

P = Peso en gr de la muestra

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenotipo

La tabla 1 muestra el promedio entre tratamientos de parámetros fenotípicos evaluados al momento de la cosecha en los cultivares Shiraz y Cabernet Franc.

El AAB a cualquier dosis no causó efectos adversos en la longitud del raquis de ambos cultivares. Se puede observar que no hubo diferencia significativa entre tratamientos con AAB y el testigo en ambos cultivares estudiados. Es también claro que la longitud de Cabernet Franc por características fenotípicas es mayor a la de Shiraz. Cantín *et al.* (2007) observaron un comportamiento similar cuando aplicaron el AAB al cultivar Clemenson Seedless.

El peso del fruto, aunque mostró una tendencia mayor con AAB a 800 mg/L⁻¹ en Shiraz y con 600 mg/L⁻¹ en Cabernet Franc al compararse con el testigo, esos efectos no fueron significativos. Peppi *et al.*, (2006) y Ovalle (2011) encontraron que la aplicación de AAB en la etapa de envero no modificó el peso final en las bayas de los cultivares Flame Seedless y Pinot Noir. El peso de las bayas de vid está determinado por el número de células, el volumen y densidad de ellas. Este peso final parece estar mayormente determinado por la división celular antes de la antesis y la elongación celular después de la antesis. Adicionalmente, pero en menor proporción, contribuye la división celular después de la antesis y el aumento de la concentración de solutos (Rivera y Devoto, 2003).

El rendimiento por planta en Shiraz y Cabernet Franc no mostró diferencia significativa entre tratamientos con AAB y el testigo. Los valores máximos de 2.335 kg a 600 mg/L⁻¹ de AAB en Shiraz y de 3.16 kg a 200 mg/L⁻¹ en Cabernet Franc no reflejaron un cambio estadístico sustantivo al compararse con las muestras testigo. En cultivares de vid como Flame Seedless y Pinot Noir también se ha observado efectos muy similares en rendimiento a los encontrados en este estudio (Peppi *et al.*, 2006; Ovalle, 2011).

Los resultados observados en estos parámetros fenotípicos son de gran valía al conocer que el AAB no causa efectos adversos considerando que es una hormona que está estrechamente relacionada con una reducción en la división y elongación celular de frutos en cultivos hortícolas (Ramírez *et al.*, 2014); además, la

característica que tiene el AAB de contribuir al inicio de maduración en el fruto y por lo tanto a pérdida de peso, no se observó en ninguno de los dos cultivares estudiados.

Cuadro 1.- Efecto del ácido abscísico en la longitud (cm) y peso de racimos (g); y en el rendimiento por planta (kg), en los cultivares Shiraz y Cabernet Franc.

Cultivar	Tratamiento (AAB mg/L ⁻¹)	Longitud de racimo (cm) ^{n.s}	Peso de racimo (g) ^{n.s}	Rendimiento por planta (kg) ^{n.s.}
Shiraz	200	12.718 a ^{YZ}	177.187 a	1.675 a
	400	12.375 a	197.187 a	1.605 a
	600	12.953 a	186.25 a	1.940 a
	800	13.281 a	206.25 a	2.335 a
	Testigo	12.984 a	178.75 a	1.870 a
Cabernet Franc	200 ^{x2}	14.843 a ^{YZ}	186.562 a	3.160 a
	400 ^{x2}	13.812 a	203.75 a	2.787 a
	600 ^{x2}	15.562 a	231.25 a	2.787 a
	800 ^{x2}	15.687 a	179.68 a	2.685 a
	Testigo	15.218 a	206.25 a	2.880 a

^{ns} : no significativo a una $P \leq 0.05$, ^Z : valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre columnas (Tukey, $P \leq 0.05$); ^Y : media de 4 racimos por tratamiento, ^{x2} : 2 aplicaciones.

Sólidos solubles, pH y acidez

Los valores obtenidos entre tratamientos para los índices de pH, sólidos solubles y acidez en frutos experimentales se muestran en la tabla 2 para el cv. Shiraz y en la tabla 3 para el cv. Cabernet Franc. Es muy notorio que la aplicación del AAB a cualquier concentración no modificó estadísticamente el contenido de sólidos solubles y acidez en los cultivares Shiraz y Cabernet Franc. En la determinación del pH en frutos tampoco existió diferencia estadística entre tratamientos y testigo en ambos cultivares. En investigaciones previas, Sandhu *et al.* (2011) encontraron que la aplicación de ácido abscísico no alteró la masa de las bayas, la cantidad de sólidos solubles y el pH en los cultivares Noble y Alachua. Cutipa (2013) también reportó que la aplicación de ácido abscísico en el cv Red Globe no mostró diferencias significativas en el pH y sólidos solubles.

Cuadro 2.- Efecto del ácido abscísico en pH, Acido tartárico (%), ° Brix (%), en frutos de vid cultivar Shiraz.

Tratamiento (AAB mg/L ⁻¹)	pH ns	Acido tartárico (%) equiv ^{ns}	° Brix (%) ^{ns}
200	4.180 a ^{YZ}	0.390 a	25.450 a
400	4.135 a	0.365 a	25.525 a
600	3.975 a	0.423 a	23.975 a
800	4.165 a	0.348 a	25.400 a
Testigo	4.073 a	0.355 a	25.525 a

^{ns} : no significativo a una $P \leq 0.05$, ^Z : valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre columnas (Tukey, $P \leq 0.05$); ^Y : media de 4 racimos por tratamiento.

Cuadro 3.- Efecto del ácido abscísico en el pH, acido tartárico (%), ° Brix (%), en frutos de vid cultivar Cabernet Franc.

Tratamiento (AAB mg/L ⁻¹)	pH ns	Acido tartárico (%) equiv ^{ns}	° Brix (%) ^{ns}
200 ^{x2}	3.928 a ^{YZ}	0.325 a	25.675 a
400 ^{x2}	3.925 a	0.363 a	26.000 a
600 ^{x2}	3.900 a	0.380 a	25.750 a
800 ^{x2}	4.013 a	0.358 a	25.925 a
Testigo	3.935 a	0.335 a	25.100 a

^{ns} : no significativo a una $P \leq 0.05$, ^Z : valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre columnas (Tukey, $P \leq 0.05$); ^Y : media de 4 racimos por tratamiento, ^{x2} : 2 aplicaciones.

Desde el momento en que el fruto alcanza la maduración no hay enriquecimiento fisiológico de azúcares (Martínez de Toda, 1991). Durante todo el período de maduración el metabolismo de la planta se caracteriza por una mayor fotosíntesis, de manera que la parte de azúcares degradados por respiración es más reducida que durante el período de crecimiento de los pámpanos y de las bayas verdes. Los azúcares pueden provenir de la fotosíntesis, reservas presentes en tallos o por transformación del ácido málico (Reynier, 1995). El contenido de sólidos solubles va aumentando durante todo el proceso de maduración de la baya, lo que concuerda con lo señalado por diversos autores entre ellos Reynier (2002), Marquette (1999), Tesic *et al.*, (2001). Existe una acumulación rápida e importante de azúcares en las bayas desde el envero, lo que se justificaría por migraciones de los productos de la fotosíntesis únicamente hacia los racimos y además de movilizaciones de las reservas en azúcares (sacarosa y principalmente almidón) de la madera y del sistema radicular. El pH es una de las determinaciones más importantes ya que ejerce influencia sobre la presencia de microorganismos, sobre el matiz del vino, el

sabor, potencial redox, sobre la razón sulfuroso libre/sulfuroso combinado (Bordeau y Scarpa, 2000). La información sobre la fisiología y bioquímica de maduración es muy importante y de gran valía al considerar que el AAB en este estudio no afectó esos parámetros y por lo tanto hacen valioso su posible uso como una alternativa para el viticultor al no modificar adversamente la constitución química de esos indicadores de calidad en el fruto cosechado.

Polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales en los frutos del cv Shiraz se muestra en la figura 1. Se puede observar que cualquier dosis con ácido abscísico al compararse con el testigo provocó un aumento significativo en el contenido de polifenoles totales. Las concentraciones de 600 y 800 mg/L⁻¹ de AAB en la etapa de envero mostraron un impacto estadístico similar y estimularon el mayor nivel de estos compuestos. También se observa que el rango de diferencia entre el testigo y el tratamiento de mayor efecto a 600 mg/L⁻¹ fue del orden de 130 mg/L⁻¹ de polifenoles totales en los frutos estudiados. La figura 2 ilustra el contenido de polifenoles totales en los frutos del cv. Cabernet Franc. En este cultivar se observa que cualquiera de las concentraciones con AAB aplicadas en dos ocasiones presentaron un incremento ampliamente significativo; siendo el tratamiento con AAB a 800 mg/L⁻¹ el que produjo el más alto contenido de polifenoles. En este cultivar se observó claramente una respuesta en escala que indica a mayor concentración de AAB se induce un mayor contenido. Es interesante destacar el rango de 290 mg/L⁻¹ de diferencia en el nivel de polifenoles totales que ocurrió entre el testigo y el tratamiento con 800 mg/L⁻¹ de AAB. Esta diferencia representa un incremento de x7 veces el valor del testigo en estos compuestos orgánicos.

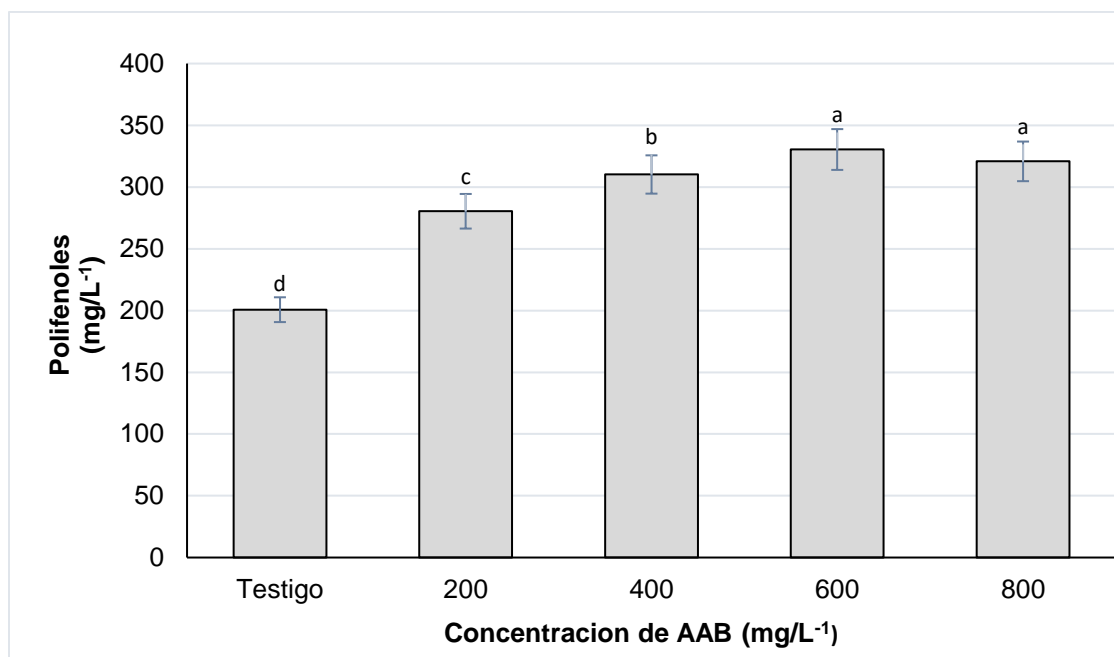


Figura 1. Efecto de ácido abscísico en el contenido de polifenoles totales en frutos maduros de vid en el cultivar Shiraz. Letras diferentes indican diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$).

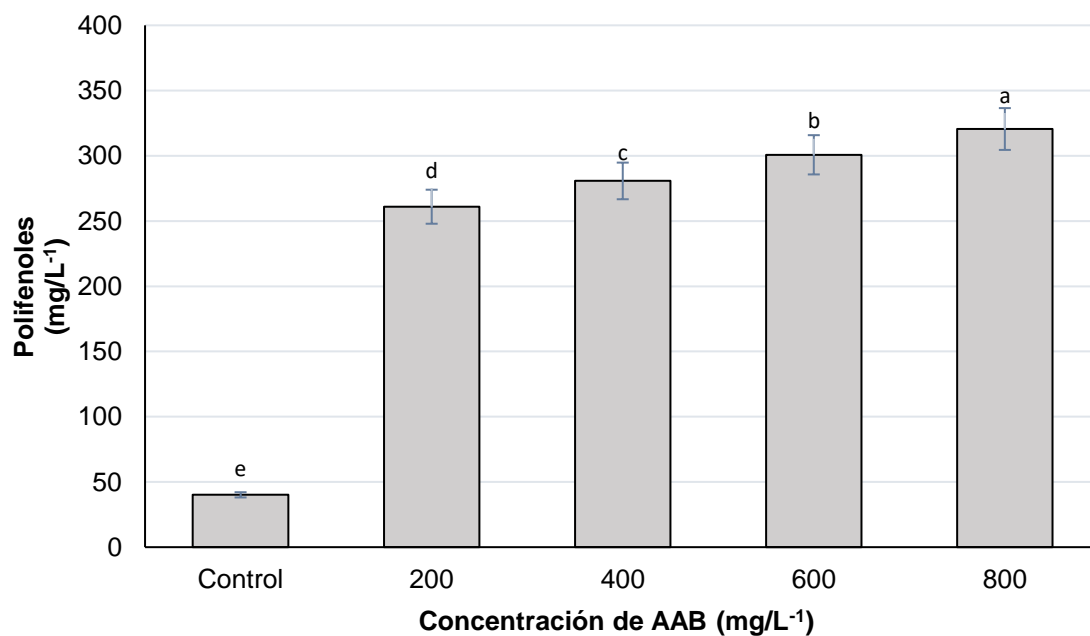


Figura 2. Efecto de la aplicación de AAB en el contenido de polifenoles totales en frutos maduros de vid en el cultivar Cabernet Franc. Letras diferentes indican diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$).

La aplicación de AAB reduce el crecimiento vegetativo en plantas de vid (Dry, 2000) e induce la síntesis de compuestos fenólicos en las bayas (Jeon *et al.*, 2004). El aumento del contenido de polifenoles en los cv Shiraz y Cabernet se sustenta con los resultados de esa investigación y en los resultados obtenidos por Rufato *et al.* (2016) en donde se aplicaron distintas dosis de AAB y encontraron que, en comparación con el control, la aplicación de 800 mg/L⁻¹ de AAB indujo un aumento del 95% más de polifenoles. Este índice se incrementó en 119% cuando se aplicó una dosis de 600 mg/L⁻¹ en el cultivar de vid Isabel.

Estudios anteriores han determinado que una aplicación de AAB ejecutada 5 días antes del envero, aumenta el contenido de azúcares y antocianinas, y disminuye la acidez de las bayas, en el cv. Carmenera, lo cual está asociado a un aumento de la concentración de compuestos fenólicos (Villalobos, 2011). La concentración y variedad de polifenoles en la uva depende de numerosos factores, tales como la variedad de vid, tipo de vino, clima y terreno, cosecha temprana o tardía, procedimientos de prensado de la uva, tiempo de fermentación del mosto con la piel y las semillas (Infante, 1997). La maduración de la uva corresponde a la de un fruto no climatérico, es decir, que una vez separado del racimo de la planta el estado de madurez de sus bayas no se modifica (Boss *et al.*, 1996). Los compuestos fenólicos totales aumentan a lo largo de la maduración (Somers y Evans, 1976). En esta investigación la aplicación con AAB no afectó la producción de azúcares, acidez ni pH en los frutos tratados; sin embargo, la hormona estimuló un mayor contenido de polifenoles en el fruto. Por lo tanto, su uso es una alternativa prometedora en las condiciones de Parras de la Fuente Coahuila.

El análisis de compuestos fenólicos es fundamental para la producción de vinos tintos de calidad, dado que presenta un criterio analítico más preciso que la simple degustación de las bayas, dada la subjetividad de quien realiza el análisis (Pszczólkowski, 2003).

Procianidinas

El contenido de procianidinas se muestra en las figuras 3 y 4 para los cultivares Shiraz y Cabernet Franc respectivamente. En los dos cultivares se observó una respuesta positiva en el contenido de estos compuestos en los frutos maduros

cosechados. El cultivar Shiraz mostró un incremento altamente significativo en el contenido de procianidinas en frutos tratados con AAB a las dosis de 200, 400 y 800 mg/L⁻¹. Esta última, provocó el mayor incremento en esos compuestos.

El cultivar Cabernet Franc mostró una magnífica respuesta a los tratamientos con la hormona AAB. En la figura 4 se puede observar que cualquier dosis con el AAB provocó un incremento significativo en el nivel de procianidinas en los frutos evaluados. Dentro de las concentraciones de AAB evaluadas, cabe notar que la dosis de 800 mg/L⁻¹ produjo menor cantidad de procianidinas. Esta respuesta fisiológica puede reflejar el postulado hormonal que indica que una mayor concentración en un tejido puede comportarse como “supra óptima” (Ramírez *et al.*, 2014) y por lo tanto inducir una disminución en la síntesis de ciertos compuestos orgánicos dentro de la célula del fruto.

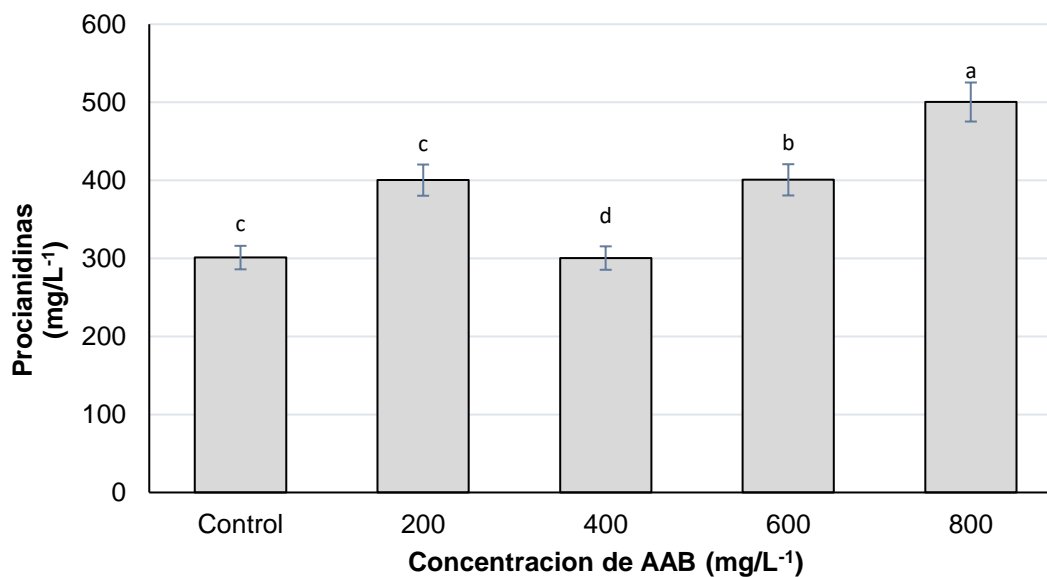


Figura 3. Efecto de la aplicación de AAB sobre el contenido de procianidinas en el cultivar Shiraz. Letras diferentes indican diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$)

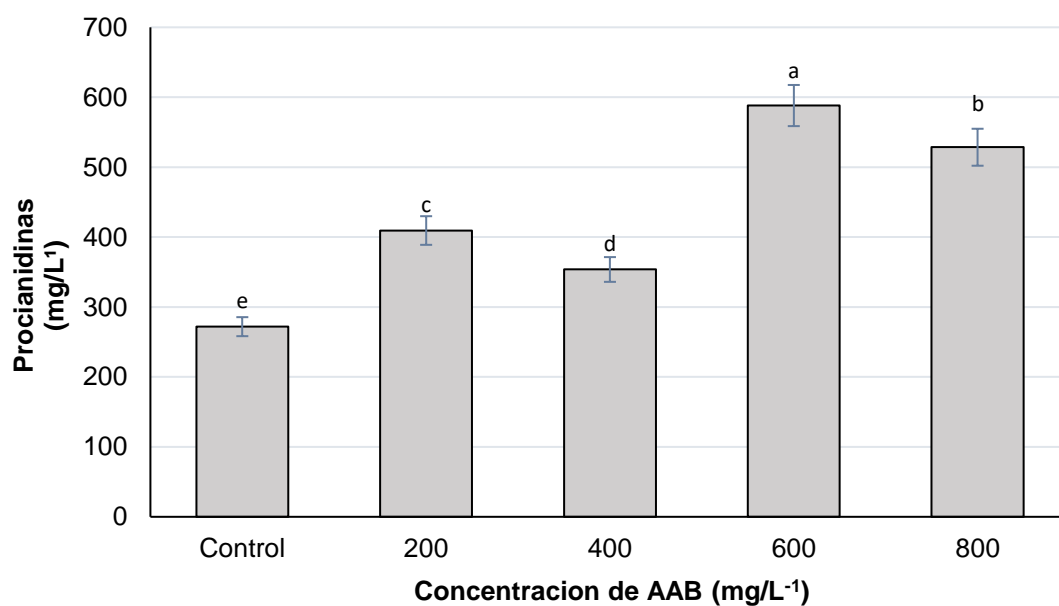


Figura 4. Efecto de la aplicación de AAB sobre el contenido de procianidinas en el cultivar Cabernet Franc. Letras diferentes indican diferencia estadística (Tukey $p, \leq 0.05$)

El cultivar cabernet Franc en comparación con el cv Shiraz tuvo una mejor respuesta al AAB, ya que todos los tratamientos se mantuvieron por encima del testigo, siendo más representativa la aplicación de 600 mg/L^{-1} en la etapa de envero, ya que se produjo un mayor aumento de procianidinas.

Las procianidinas proporcionan astringencia en los vinos, por lo que su contenido en los frutos influye de forma directa en la calidad del vino (Vaquero-Fernández et al. 2006). Los taninos condensados, son derivados de unidades de flavan-3-oles conocidos como proantocianidinas por hidrolizarse en antocianinas en medios ácidos y a temperaturas elevadas. Las proantocianidinas existen además de sus formas exclusivamente flavánicas, unidas a otros compuestos como proteínas y polisacáridos, por lo que forman estructuras muy complejas y muy poco conocidas (Cheynier, 2005). En los frutos de vid, los taninos condensados se presentan en mayor grado de polimerización conforme el estado de maduración avanza (Kennedy et al., 2001). Aplicaciones de AAB en plantas de vid en campo abierto acelera drásticamente la maduración de las bayas (Wheeler et al. 2009). Por lo que el AAB sería uno de los principales responsables de desencadenar la maduración en frutos no climatéricos dado por su posible efecto auto-catalítico como ocurre con el etileno en frutos climatéricos (Hayes et al. 2010). El efecto positivo observado en esta investigación del AAB en la producción de procianidinas abre una alternativa para mejorar la calidad de uva Shiraz y Cabernet Franc para la elaboración de vinos.

Antocianinas totales

El contenido de antocianinas totales en frutos de los cultivares Shiraz y Cabernet Franc, se muestra en las figuras 5 y 6 respectivamente. Es evidente que en ambos cultivares experimentales se presentan efectos del AAB muy similares en el incremento de pigmentación en los frutos al compararse con los frutos testigo. Es de interés observar también que entre tratamientos de AAB estadísticamente no existen diferencias significativas. La aplicación de cualquiera de las dosis de AAB aumentó el contenido total de las antocianinas.

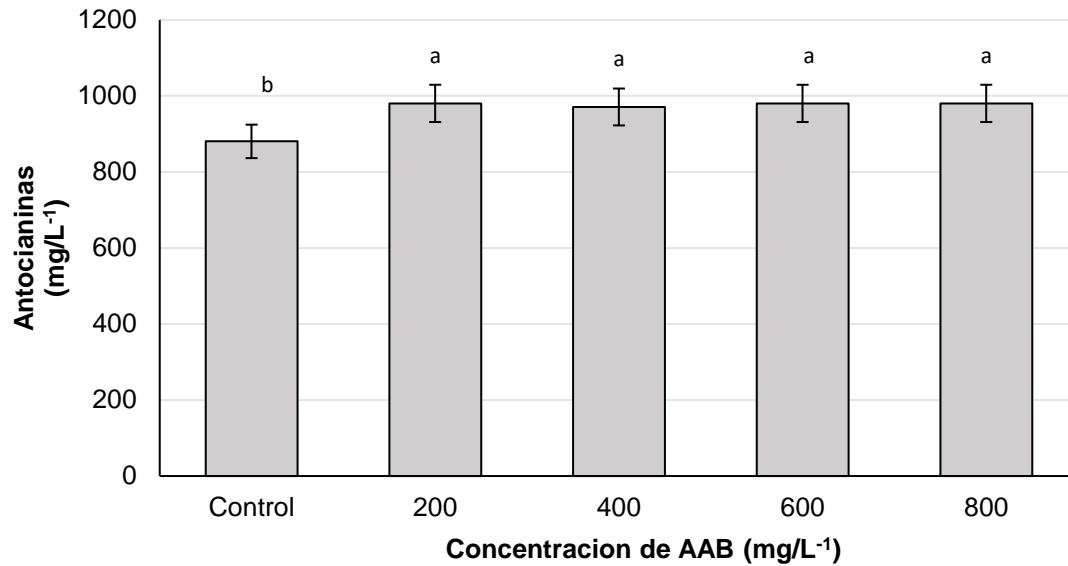


Figura 5. Efecto de la aplicación de AAB sobre el contenido de antocianinas totales en el cultivar Shiraz. Letras diferentes indican diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$)

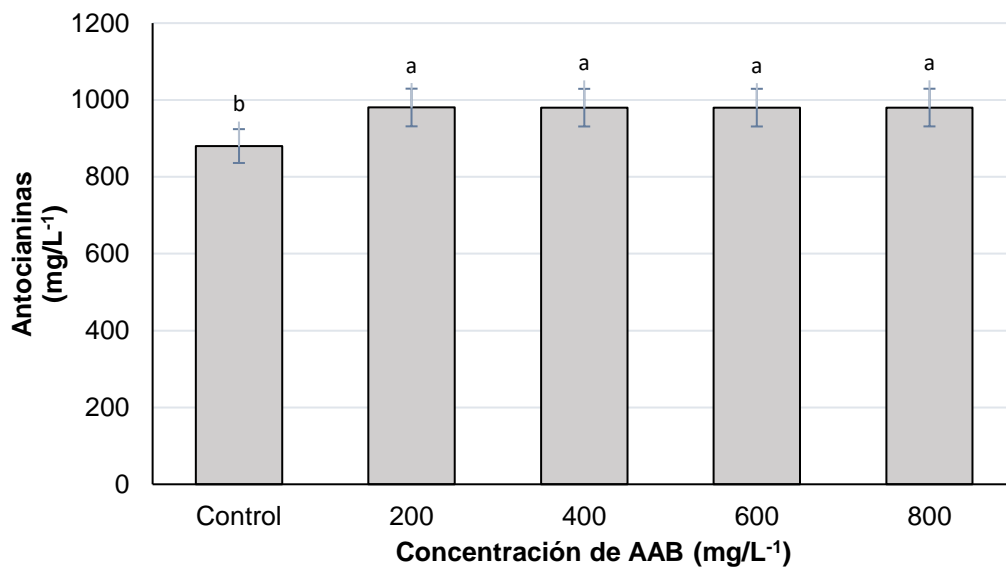


Figura 6. Efecto de la aplicación de AAB sobre el contenido de antocianinas totales en el cultivar Cabernet Franc. Letras diferentes indican diferencia estadística (Tukey, $p \leq 0.05$)

A diferencia del cultivar Shiraz, Cabernet Franc tuvo 2 aplicaciones de AAB; sin embargo, el efecto de esta hormona no varió en el contenido de antocianinas ya que se obtuvieron resultados similares en el contenido de esas sustancias. Estadísticamente los tratamientos con AAB fueron iguales en los dos cultivares. Lo anterior demuestra que una aplicación de AAB a 200 mg/L^{-1} sería suficiente cuando se tratase solamente de estimular un aumento en el contenido de antocianinas totales en los frutos de ambos cultivares. La figura 7 muestra la coloración de algunas muestras experimentales en el cultivar Cabernet Franc.

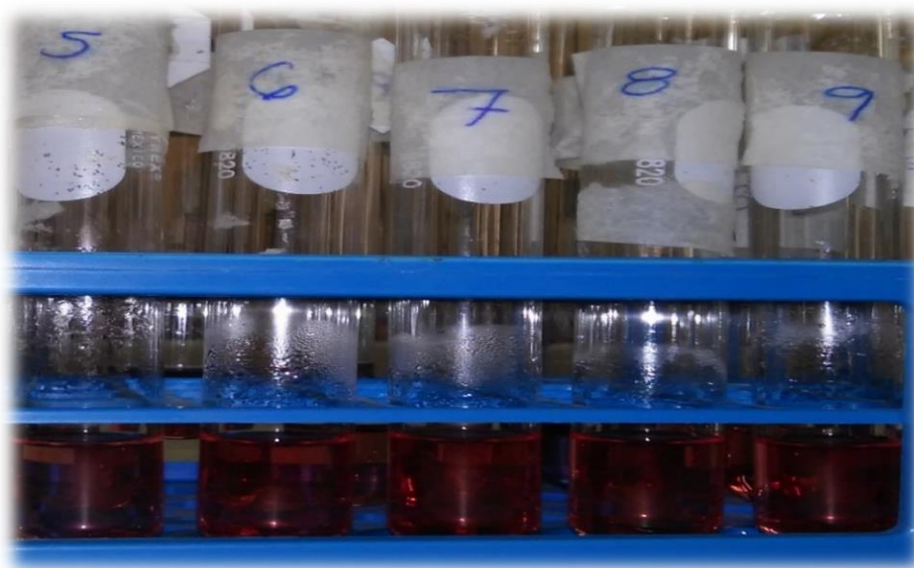


Figura 7. Coloración obtenida de la extracción de antocianinas en el cv Cabernet Franc, en los distintos tratamientos. De izquierda a derecha: Testigo, 200, 400, 600 y 800 mg/L^{-1} con AAB.

Los resultados en este estudio se sustentan y apoyan con lo observado por Peppi *et al.*, (2006); quienes con la aplicación de ABA a 400 mg/L^{-1} ; además de retrasar la coloración en frutos del cultivar de uva Crimson lograron un aumento en la coloración atribuido a una acumulación de antocianinas en la epidermis de la fruta. La aplicación de ácido abscísico proporciona mayores niveles de polifenoles, antocianinas e intensidad de color, tanto en la uva Isabel como jugo producido a partir de este cultivar. El contenido de antocianinas aumentó en el jugo de uva Isabel con un 70%. El aumento en el color de los jugos fue del 61% en comparación con el control (Rufato *et al.* 2016). Es evidente que la presencia de antocianinas contribuye en la calidad del vino (Kok *et al.* 2013; Vaquero-Fernández *et al.* 2006).

El color de las uvas depende de la vía de síntesis de antocianinas (Boss *et al.*, 1996). Las antocianinas se sintetizan a partir de los precursores fenilalanina y acetato, por medio de la ruta del fenil-propanoide (Winkel, 2004; Zhang *et al.*, 2004; Dixon *et al.*, 2005). Estudios en el cv. Kyoho, han demostrado que el AAB estimula la expresión de genes que participan en la ruta de los fenilpropanoides cuando se aplica en la etapa de envero. Esto, aumenta el contenido de antocianinas, ya que aumenta la síntesis de las enzimas que participan en el metabolismo secundario (Ban *et al.*, 2003). Las antocianinas se sintetizan durante el envero que corresponde al cambio de color (Keller y Hrazdina, 1998) y se acumulan en las vacuolas de las tres o cuatro primeras capas celulares hipodérmicas de las bayas, y en algunos casos en el mesocarpio y las semillas (Cantos *et al.*, 2002). El desarrollo del color en la epidermis de las bayas también está influenciado por otros factores como: temperatura ambiental, intensidad lumínica, carga frutal, área foliar, presencia de hidratos de carbono, nutrición mineral y reguladores de crecimiento (Kliewer y Lider, 1970). AAB es un promotor del color en uva de mesa (Peppi *et al.*, 2006) y es considerado como uno de los factores fundamentales en el inicio del proceso de maduración y posterior control del desarrollo de este complejo proceso (Wheeler *et al.*, 2009).

Las antocianinas son sustancias responsables del color rojo azulado de la piel de las uvas tintas. Su ubicación se limita a los hollejos y pulpa de variedades tintoreras. La cantidad y composición de antocianinas de los hollejos tendrá una influencia directa en la intensidad colorante y matiz de los vinos tintos (Zamora, 2003).

CONCLUSIONES

La aplicación de ácido abscísico en la etapa de envero en los cv, Shiraz y Cabernet Franc no modificó su rendimiento, longitud y peso de racimo, pH, acidez y contenido de sólidos solubles.

El ácido abscísico aplicado a las dosis de 200, 400, 600 y 800 mg/L⁻¹ en la etapa de envero al cv Shiraz y al cv Cabernet Franc en envero y catorce días después, aumentó significativamente el contenido de polifenoles totales, procianidinas y antocianinas en los frutos maduros.

REFERENCIAS

- Adams, O.D. (2006). Phenolics and ripening in grape berries. *American Society for Enology and Viticulture* 57:249-256.
- Almanza-Merchán, P.J. (2008). Evolución de parámetros fisicoquímicos durante la maduración de frutos de *Vitis vinifera* L. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. 182 pp.
- Almanza-Merchán, P.J. y Balaguera-López, H.E. (2009). Determinación de los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones del altiplano tropical en Boyacá. *Actualidad y Divulgación Científica* 12:141-150.
- Almanza-Merchán, P.J. (2011). Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de la vid (*Vitis vinifera* L.) bajo condiciones de clima frío tropical. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 135 pp.
- Andrés-Lacueva, C., Medina-Remón, A., Llorach, R., Urpi-Sarda, M., Khan, N., Chiva-Blanch, G., Zamora-Ros, R., Rotches-Ribalta, M. and Larnuela-Raventós, R. M. (2010). Phenolic compounds: chemistry and occurrence in fruits and vegetables. *Chemistry Nutritional Value and Stability* 1: 15-20.
- AOAC. (1990). Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, USA. 66 pp.
- Armas, I. (2014). Viticultura y cambio climático. Trabajo fin de grado en Enología. Universidad de La Rioja. España. 245 pp.
- Ayala, M., Gómez, N., Hidalgo, N. y Valdever, R. (2000). Efecto de la luz y del ácido giberélico sobre la germinación in vitro de jaul (*Alnus acuminata* L.). *Agronomía costarricense* 24:75-80.
- Badui, D.S. (2006). Química de los Alimentos. Pearson Educación, México. 738 pp.
- Ban, T., Ishimaru, S. M., Kobayashi, S., Shiozaki, N., Goto-Yamamoto. y Horiuchi, N. (2003). El ácido abscísico y el ácido 2,4-diclorofenoxiacético afectan la expresión de los genes de la ruta biosintética de la antocianina en las bayas de uva Kyoho. *Ciencias Hortícolas y Biotecnología* 78:586-589
- Bordeau, E. y Scarpa, J. (2000). Análisis químico del vino. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 253 pp
- Boss, P.K., Davis, C. y Robinson, S.P. (1996). La expresión de la antocianina y la expresión de la vía antociánica en los deportes de vid difieren en el color de la piel de la baya. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 2:163-170.

- Botta, E., Almaguer, I., Franco, E. y Díaz, Y. (2012). Evaluación de la acción de diferentes fitorreguladores sobre las poblaciones de *Stenotaroasonemusspinki*, Smiley en dos variedades comerciales de arroz. *Fitosanidad*, 12:109-116.
- Buttrose, M.S. (1974). Climatic factors and fruitfulness in grapevines. *Horticulture Science* 44:319-326
- Cantín, C., Fidelibus, M. y Crisosto, C. (2007). La aplicación de ácido abscísico (ABA) al envero avanzó en el desarrollo del color rojo y mantuvo la calidad poscosecha de las uvas "Crimson seedless". *Biología y Tecnología Postcosecha* 46:237-241.
- Cantos, E., Garcia-Viguera, C., De Pascual-Teresa, S., and Tomas-Berberan, F. A. (2002). Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48:4606-4612.
- Carrol, D.E. and Marcy, J.E. (1982). Chemical and physical changes during maturation of Muscadine grapes (*Vitis rotundifolia*). *American Journal of Enology and Viticulture* 33:172-186.
- Cheyrier, V. (2005). Polyphenols in foods are more complex than often thought. *American Journal of Clinical Nutrition* 81:223-229.
- Coombe, B. (1995). Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1:100-110.
- Crippen, D.D. and Morrison, J.C. (1986). The effects of sun exposure on the phenolic content of Cabernet Sauvignon berries during development. *American Journal of Enology and Viticulture* 37:243-247.
- Cutipá J.M. (2013). Acido abscísico y Etephon en la coloración de uva de mesa cv. 'Red Globe' en la zona Alta Valle-ICA. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú. 97 pp.
- Dixon, R.A., Xie, D.Y. and Sharma, S.B. (2005). Proanthocyanidins a final frontier in flavonoid research. *Tansley New Phytol* 165:9–28.
- Downey, M.O., Dokoozlian, N.K. and Krstic, M.P. (2006). Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine. *American Journal of Enology and Viticulture* 57: 257-268.
- Dry, P.R. (2000). Canopy management for fruitfulness. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6: 109-115.
- Falcón, E. (2009). El peor año del vino mexicano. *Diario del Vino*. Recuperado de http://www.diariodelvino.com/notas5/noticia2164_21dic09.htm.

- FAO. (2012). México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. México. 85 pp.
- Fischer, U. and Strasser, M. (1999). Tannin management. I. Body, fullness and ageing potential. *Deutsche-Weinmagazing* 18:36-39.
- Gaeta, L.A. (2006). Productividad de la vid en función del aprovechamiento de agua subterránea en el Valle de Guadalupe 1994-2004. El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana B. C. México. 26 pp.
- Gil, G. (2000). Fruticultura: La producción de fruta. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 582 pp.
- Glories, Y. y Galvin, C. (1989). Los complejos tanino-antocianina en presencia de etanol y sus condiciones de fermentación. 4to Symposium Enology. Bordeaux, Francia. 7 pp.
- Guzmán, P. M. (2007). La presencia del vino en México. Magazine Gastronómico Digital. Recuperado de <http://www.afuegolento.com/noticias/139/firmas/mguzman/5172/la-presencia-del-vino-en-mexico>
- Hannah, L. (2013). Climate change, wine and conservation. *Academy of Sciences* 110: 6907-6912.
- Hayes, M.A., Feechan, A. and Dry, I.B. (2010) Involvement of abscisic acid in the coordinated regulation of a stress-inducible hexose transporter (VvHT5) and a cell wall invertase in grapevine in response to biotrophic fungal infection. *Plant Physiology* 153:211-221.
- Hernández, A. (2000). Introducción al Vino de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 101 pp.
- Huglin, P. (1986). Biología y ecología de la vid. Ediciones Payot Lausanne. Hötensteiner, Paris. 101 pp.
- Infante, R. (1997). Polifenoles del vino y oxidabilidad de las lipoproteínas. *Investigacion Arterioclerosis* 9:19-22.
- IPCC. (2014). Impactos, adaptación y vulnerabilidad-Contribución del Grupo de Trabajo II al quinto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental Expertos sobre el cambio climático. Ginebra, Suiza, 157 pp.
- Jeon, S.T., Goto-Yamamoto, N., Kobayashi, S., and Esaka, M. (2004). Effects of plant hormones and shading on the accumulation of anthocyanins and the expression of anthocyanin biosynthetic genes in grape berry skins. *Plant Science* 167:247-252.
- Jones, G.V., White, M.A., Cooper, O.R. and Storchmann, K. (2005). Climate change and global wine quality. *American Journal of Climate Change* 73: 319-343.

- Karibasappa, G.S. (2014). Manual of good agricultural practices for quality wine production. National Research Center for Grapes. New Delhi, India. 125 pp.
- Kaur, C. and Kapoor, H.C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables. International Journal of Food Science and Technology 36:703–725.
- Keller, M. (2010). Developmental Physiology. The Science of Grapevines. Anatomy and Physiology. Elsevier Academic Press. Massachusetts, USA. 169-225 pp.
- Keller, M. and Hrazdina, G. (1998). Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraisson. II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening. American Journal of Enology and Viticulture 49:341–348.
- Kennedy, J.A., Hayasaka, Y., Vidal, S., Waters, E.J. and Jones, G.P. (2001). Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry development. Journal of Agricultural and Food Chemistry 49:5348-5355.
- Kliewer, W. and Antcliff, A. (1970). Influence of defoliation, darkening of the leaf and shading of the cluster in the growth and composition of the sultana grapes. American Journal Enology and Viticulture 21:26-36.
- Kliewer, W. and Lider L. (1970). Effects of the temperature of the day and the intensity of the light on the composition of growth and the coloring of *Vitis vinifera* L. Journal of the American Society for Horticultural Science 95:766-769.
- Kok, D., Bal, E. and Celik, S. (2013). Influences of various canopy management techniques on wine grape quality of *Vitis vinifera* L. cv *Kalecik Karasi*. The Journal of Agricultural Sciences 19:1247-1252.
- Lea, A.G.H. (1990). Bitterness and astringency, the procianidins and fermented apple ciders. Bitterness in Food and Beverages. Elsevier, Holland. 16:123-144.
- Leung, J. and Giraudat, J. (1998). Abscisic acid signal transduction. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 49:199-222.
- Marquette, B. (1999). La madurez fenólica. Seminario Internacional de Microbiología y Polifenoles del vino. Universidad de Chile. Departamento de Agroindustria y Enología. Santiago, Chile. 25-29 pp.
- Martínez de Toda, F. (1991). Biología de la vid. Fundamentos, biológicos de la Viticultura. Ed. Mundi Prensa. España. 346 pp.
- Montedoro, G.F. and Bertuccioli, M. (1988). Organoleptic importance of certain tannic fractions of aged red wines. Development and Food Science 17:687-696.

- Moskowitz, A. H. and Hrazdina, G. (1981). Vacuolar contents of fruit subepidermal cells from *Vitis* species. *Plant Physiology* 68:686-692.
- Mullins, M.G., Bouquet, A. and Williams, L.E. (2000). *Biology of the Grapevine*. Cambridge University. New York, USA. 166 pp
- Noble, A.C. (1990). Astringency in Wine. Bitterness in Food and Beverages. Elsevier, Holland. 16:145-158 pp.
- Orduña, R. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality production. *Food Research International*. 43:1844-1855.
- Ovalle, J.I. (2011). Efecto de la aplicación de ácido abscísico sobre las características y la composición química de las bayas de vid *vinífera* var. Pinot Noir. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 37 pp.
- Palencia, C. (2006). "Vino mexicano, ¿qué le falta?". Recuperado de http://www.azteca21.com/index.php?option=com_content&task=view&id=3208&Itemid=12
- Peppi, M.C., Fidelibus, M.W. y Dokoozlian, N. (2006). El tiempo y la concentración de la aplicación de ácido abscísico afectan la firmeza, la pigmentación y el color de las uvas "sin semilla". *Science Horticulturae* 41:1440-1445.
- Pérez, J. (2000). Evaluación de la textura y la estructura anatómica de bayas débiles en uva de mesa de exportación. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 55-77 pp.
- Porter, L.J., Hritsch, L.N. and Chan, B.G. (1986). The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry* 25:223-230.
- Provisorios, T. (2012). Datos, salidas de vino para consumo interno mayo 2007 informe variedad Cabernet Franc. Mendoza, Argentina. 11 pp
- Pszczółkowski, P. (2003). Calidad del vino, madurez de cosecha. Informe Técnico Vendimia. Universidad de Santiago. Santiago, Chile. 5:14-17.
- Ramírez, H., Sánchez-Canseco, C., Ramírez-Pérez, J. and Benavides, A. (2014). Significance of hormones on flower bud initiation and fruit quality in apple, our expertise. *Scientia Horticulture*. 1042:73-77.
- Reynier, A. (1995). *Manual de viticultura*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. Ed. 105. 407 pp.
- Reynier, A. (2002). *Manual de Viticultura*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. Ed. 218. 407 pp.

- Ribéreau-Gayon, J., Peynaud, E., Su-draud, P. y Ribéreau-Gayon, P. (1976). *Treatise on Enology*. Dunaud, Francia. 129 pp.
- Ribéreau-Gayon, P., Glories, Y., Maujean, A. y Dubourdieu, D. (1999). *Enología, La química del vino, estabilización y tratamientos*. Paris, Francia. 186 pp.
- Rivera, C. y Devoto, L. (2003). *Desarrollo Fenológico de 20 clones de Vitis vinífera* Bloque Fundación Vivero AgroUC, Pirque. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago Chile. 72 pp.
- Rodríguez-Concepción, M. and Boronat, A. (2002). Elucidation of the methylerythritol phosphate pathway for isoprenoid biosynthesis in bacteria and plastids. A metabolic milestone achieved through genomics. *Plant Physiology* 130:1079-1089.
- Ros Barcelo, A., Calderon, A.A., Zapata, J.M., y Muñoz, R. (1994). La localización histoquímica de antocianinas en uvas sin semillas (*Vitis vinifera L.*). *Scientia Horticulturae* 57:265-268.
- Rufato, L., Lerin, S., Allebrandt, R., Fagherazzi, A.F., Mario, A.E., Boff C.E. and Kretschmar, A.A. (2016). Abscisic acid applications increase color in grapes and juice of "Isabel". *Science Horticulturae* 1115:217-223.
- SAGARPA, (2005). México como exportador de uva de mesa. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/zacatecas/boletines/Paginas/2018B004M.aspx>
- SAGARPA, (2016). Proyección para el sector Agropecuario de Mexico. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/EBespa%C3%B1ol300909.pdf>
- Salazar, D.M. y Melgarejo, P. (2005). *Viticultura. Técnicas de cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos*. Mundi Prensa. Madrid. 16 pp.
- Sandhu A.K., Gray, D.J., Lu, J., and Gu, L. (2011). Effects of exogenous abscisic acid on antioxidant capacities, anthocyanins, and flavonol content of muscadine grape (*Vitis rotundifolia*) skins. *Food Chemistry* 126:982-988.
- Shipp, J. and Abdel-Aal, S. M. (2010). Food Applications and Physiological Effects of Anthocyanins as Functional Food Ingredients. *The Open Food Science Journal*, 4:7-22.
- SIAP. (2017). Producción agrícola nacional, uva mexicana. Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257085/Potencial-Uva>.
- Singleton, V. and Esau, P. (1969). Phenolic substances in grapes and wine, and their significance. *Advances in Food Research* 1:112–133.

- Somers, T.C. and Evans, M.E. (1976). Spectral evaluation of young red wines: Anthocyanin equilibria, total phenolics, free and molecular SO₂, chemical Age. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28:279-287.
- Souquet, J.M., Moutounet, M., Rigaud, J. and Cheynier, V. (1996). Caracterización estructural de los taninos de la uva, algunos ejemplos del impacto de la variedad, el terreno y la forma de reproducción de la vid. *International Organisation of Vine and Wine* 784:433-443.
- Tarara, J.M., Lee, J., Spayd, S.E. and Scagel, C.F. (2008). Berry temperature and solar radiation alter acylation, proportion, and concentration of anthocyanin in merlot grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 59:235-247.
- Tesic, D., Woolley, D., Hewett, E. and Martin, D. (2001). Environmental effects on cv. Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grown in Hawke, New Zealand. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 8:15-16.
- Vaquero-Fernández, L., Martínez-Soria, M.T., Fernández-Zurbano, P., Sanz-Asensio, J., López-Alonso, M. y Mateo-García, L.C. (2006). Aplicación en vid de prohexadiona de calcio como regulador del crecimiento. Influencia en la calidad del vino. *Enólogos Madrid España* 1:20-26.
- Venegas, D. (2012). Estudio de disponibilidad de agua en regiones vinícolas. Recuperado de http://todos.cicese.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=343&Itemid=80&showall=1
- Vera, J.A. y Urruela R. S. (2012). Maduración de los Frutos. *Science Horticulturae* 68:1-11.
- Villalobos, L. (2011). Ácido abscísico: Importante modulador de la ruta fenilpropanoide en bayas de vid cv. Carménère. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. 88 pp.
- Villen, J., Vazquez, A.M., Salinas, M.R., Varon, R., and Mareca, I. (1985). Contribucion al estudio de la evolución de las características de uva Airén en La Mancha durante su maduración. *Journal of Grapevine Research* 11:2052-2053.
- Wheeler, S., Loveys, B., Ford, C. and Davies, C. (2009). The relationship between the expression of abscisic acid biosynthesis genes, accumulation of abscisic acid and the promotion of *Vitis vinifera* L. berry ripening by abscisic acid. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 15:195-204.
- Winkel, B.S.J. (2004). Metabolic channeling in plants. *Annual Review Plant Biology* 55: 85-107.

- Winkler, A.J., Cook, J. A., Kliewer, W. M. and Lider, L. A. (1974). General Viticulture. University of California Press. Bekerley USA. 174 pp.
- Wong-Paz, J. E., Muñoz-Márquez, D.B., Aguilar -Zarate, P., Rodríguez-Herrera, R. and Aguilar, N.C. (2014). Microplate quantification of total phenolic content from plant extracts obtained by conventional and ultrasound methods. *Phytochemical Analysis* 25:1-6.
- Yamaguchi, S. and Shinozaki, K. (2005). Organization of cis-acting regulatory elements in osmotic- and cold-stress-responsive promoters. *Trends in Plant Science* 10:88-94.
- Yamakoshi, J., Kataoka, S., Koga, T. and Ariga, T. (1999) Proanthocyanidin-rich extract from grape seed attenuates the development of aortic atherosclerosis in cholesterol-fed rabbits. *Atherosclerosis*. 142:139-149.
- Yokota, T. and Takahashi, N. (1986). Identification and quantification of *Brassinolide* related sterols in healthy tissues of the chestnut plant. *Phytochemistry* 23:1587–1519.
- Zamora, F. (2003). Elaboración y crianza del vino tinto: Aspectos científicos y prácticos. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 224 pp.
- Zeevaart, J. (1999). Abscisic acid metabolism and its regulation. *Biochemistry and molecular biology of plant hormones*: 189-207. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Zhang, W., Franco, C., Curtin, C. and Conn, S. (2004) To stretch the boundary of secondary metabolite production in plant cell-based bioprocessing: anthocyanin as a case study. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 5:264–271.