

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ACIDO ABSCÍSICO SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICA Y LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE
BAYAS DE VID VINÍFERA VAR. PINOT NOIR**

JUAN IGNACIO OVALLE RODRÍGUEZ

SANTIAGO – CHILE

2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ACIDO ABSCÍSICO SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICA Y LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE
BAYAS DE VID VINÍFERA VAR. PINOT NOIR**

**EFFECT OF ABSCISIC ACID APPLICATION ON PHYSICAL
CHARACTERISTICS AND CHEMICAL COMPOSITION OF WINE
VINES GRAPES CV. PINOT NOIR**

JUAN IGNACIO OVALLE RODRÍGUEZ

SANTIAGO – CHILE

2011

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**EFEECTO DE LA APLICACIÓN DE ACIDO ABSCÍSICO SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICA Y LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE
BAYAS DE VID VINÍFERA VAR. PINOT NOIR**

Memoria para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

JUAN IGNACIO OVALLE RODRÍGUEZ

Profesores Guías	Calificaciones
Claudio Pastenes Villarreal. Ingeniero Agrónomo. Ph. D.	6,6
Álvaro Peña Neira. Ingeniero Agrónomo-Enólogo. Dr.	6,1
Profesores Evaluadores	
Rodrigo Callejas Rodríguez. Ingeniero Agrónomo. Dr.	5,8
Cecilia Baginsky Guerrero. Ingeniera Agrónoma. Dra.	5,0

SANTIAGO – CHILE

2011

*“...Si estas entre volver y no volver
si ya metiste demasiado en tu nariz
si estas como cegado de poder...
tirate un cable a tierra...”*

(Fito Paez)

A mi mamá Cecilia, familia y amigos

AGRADECIMIENTOS

Especialmente a mi mamá Cecilia por hacer posible el desarrollo de esta memoria, no solo como compañía y apoyo sino que también siendo parte de ella.

A mi familia con especial afecto a mis hermanos Alejandra y Andrés por estar presente en el desarrollo de este ensayo. A Eduardo, María Paz y Cecilia por su ayuda en la revisión.

A Camila por todo su apoyo y ayudarme a ver la vida con más alegría y optimismo.

Al profesor Claudio por sus consejos y orientación desde el inicio del desarrollo de este trabajo.

Al laboratorio LFEV, por el grato ambiente de trabajo, el constante apoyo y las sonrisas que se reciben cuando hay que pelar uva. Con especial afecto a Úrsula y Luis.

A los profesores de la Universidad de Chile, por desarrollar en mí un espíritu crítico, emprendedor y humilde. Con gran afecto a los profesores Gabino Reginato, Jaime Montealegre y Bruno Razeto.

A mis amigos de la Chile por ser un pilar fundamental en mi formación profesional, especialmente a Camila, Pancha, Giancarlo, Daniela, Claudia y Kathy, quienes me acompañaron durante en el largo proceso universitario.

ÍNDICE

RESUMEN	1
Palabras claves	1
ABSTRACT	2
Key words	2
INTRODUCCIÓN	3
<i>Vitis vinífera</i> L. cv Pinot Noir	3
Acido abscísico (ABA)	4
Hipótesis	6
Objetivos	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
MATERIALES Y MÉTODOS	7
Lugar de estudio	7
Material vegetal	7
Diseño experimental	7
Análisis básico de bayas	9
Análisis de productos del metabolismo secundario	9
Obtención del mosto para el análisis	9
Fenoles totales	10
Antocianos totales	10
Taninos totales	10
Deshidratación de bayas	11
Análisis estadístico	12
RESULTADOS	13
Peso de bayas y hollejos	13
Volumen de baya	15
Metabolismo primario de bayas	16
Composición fenólica de bayas	19

Fenoles totales	19
Antocianos totales	20
Taninos totales	21
Deshidratación de bayas	22
DISCUSIÓN	23
Efecto de la aplicación de ABA sobre el peso de bayas	23
Efecto de la aplicación ABA sobre el metabolismo primario de bayas	24
Efecto de la aplicación ABA sobre la composición fenólica de bayas	25
CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	28

RESUMEN

El ácido abscísico (ABA), en la época de pinta, está involucrado en el metabolismo primario y secundario de bayas de vid vinífera, principalmente en la acumulación de azúcares, antocianos, taninos y flavonoles. Tal efecto ha sido demostrado en cepas de alta complejidad fenólica como Cabernet Sauvignon, Merlot y Carménère. Sin embargo, hasta el momento no existen trabajos en el cv. Pinot Noir, el cual presenta una débil composición fenólica.

Con el propósito de determinar el efecto del ABA sobre bayas de Pinot Noir, se establecieron tres tratamientos: (i) 50 mg•L⁻¹ABA; (ii) 100 mg•L⁻¹ ABA; (iii) testigo con agua y 0,1% (v/v) del surfactante Tween 20. Las aplicaciones se realizaron 2 días después de pinta (DDP) y 24 DDP. Mediante muestreos semanales, se determinó la evolución del peso de bayas y de pieles, volumen de bayas, sólidos solubles, acidez, pH, fenoles, antocianos y taninos totales. Al final de la temporada se evaluó la deshidratación de bayas.

Las aplicaciones de ABA afectaron el pH, acidez y sólidos solubles, sin encontrarse resultados concluyentes sobre el efecto del ABA. Así mismo, las aplicaciones de ABA no afectaron el peso de los hollejos, los que aparentemente ya se encontraban en su máximo peso previo a la pinta. En cuanto a los metabolitos secundarios, los antocianos totales de las bayas tratadas con 100 mg•L⁻¹ de ABA disminuyeron fuertemente, obteniendo una concentración 51% menor que en las bayas testigo al final del proceso de maduración. Similares resultados se presentaron en los fenoles y taninos totales. Sin embargo, para los taninos la disminución comenzó con anterioridad, desde pinta en adelante. Finalmente, se pudo establecer que el ABA pudo afectar negativamente el micro-clima de zona frutal, especialmente los racimos aplicados con la dosis mayor, debido a que en estos se incremento la deshidratación.

Palabras claves. ABA, taninos, antocianos, sólidos solubles

ABSTRACT

The abscisic acid (ABA), at veraison, is involved in primary and secondary metabolism of grape berries, mainly in the accumulation of sugars, anthocyanins, tannins and flavonols. Such effect has been observed in grape varieties of highly complex phenolic composition such as Cabernet Sauvignon, Merlot and Carménère. However, so far no published studies in the Pinot Noir, which has a feeble phenolic composition.

In order to assess the effect of ABA on Pinot Noir grapes, we established three treatments: (i) 50 mg•L⁻¹ABA, (ii) 100 mg•L⁻¹ ABA and (iii) control, consisting of water and 0.1% (v/v) Tween 20 surfactant. The applications were made 2 days after veraison (DAV) and 24 DAV. Through weekly sampling, we determined: evolution of berry and skin weight, berry size, soluble solids, acidity, pH, phenols, anthocyanins and total tannins. At the end of the season, berry dehydration was assessed.

ABA applications affected pH, acidity and soluble solids, although no conclusive results, compared with the control. Likewise, ABA applications did not affect the skins weight, which apparently were already fully grown prior to veraison. As secondary metabolites, total anthocyanins from berries treated with 100 mg•L⁻¹ of ABA declined sharply, resulting in 51% lower concentration than in control, at harvest. Similar results were obtained in total phenols and tannins. However, for tannins, the decrease was earlier during veraison. Finally, it was found that ABA could adversely affect the micro-climate fruit zone, especially the clusters with the highest dose applied, because in these will increase dehydration.

Key Word. ABA, anthocyanins, tannins, soluble solids.

INTRODUCCIÓN

La composición fenólica de la uva depende de tres factores principales a considerar: edafo-climáticos, bióticos y de manejo. Dentro de los factores edafo-climáticos, el clima destaca en importancia por su relación con la temperatura y la insolación. Uvas producidas en zonas frías presentan mayor acidez y menor intensidad de color que uva de zonas más cálidas, mientras que las producidas en zonas más iluminadas, alcanzan mayores niveles de color (Winkler *et al.*, 1962, citado por Ban *et al.*, 2003). Respecto de la composición aromática, la complejidad de los aromas es menor en climas cálidos, debido a la degradación por la respiración de los compuestos responsables de este carácter. En cuanto a las labores de manejo como son el déficit hídrico controlado y la aplicación de fitohormonas como, el ácido abscísico (ABA), estos manejos modifican la expresión del metabolismo secundario, variando la concentración final de antocianos, flavanoles y flavonoles (Peppi *et al.*, 2006; Wheeler *et al.*, 2009). Evidentemente, la composición final de estos compuestos en la baya está determinada por la genética propia de cada cultivar, como se evidencia por los antocianos en Cabernet Sauvignon, con 2 g de antocianos por kilogramo de uva en contraste con un Pinot Noir que solo presenta 1 g•Kg⁻¹ (Melgarejo y Salazar 2005). La genética propia de cada cultivares es de trascendental importancia puesto que la calidad y complejidad de los vinos tintos está determinada por el correcto equilibrio entre color, aromas, nivel de alcohol, astringencia y amargor. Estos dos últimos aspectos dependen del contenido y calidad de los taninos que, al mismo tiempo, funcionan como estabilizadores del color en el proceso de envejecimiento y guarda de los vinos tintos. Todos estos factores obedecen, en mayor medida, a la época de cosecha y en menor grado, a la duración del período de desarrollo de las bayas (Gawel *et al.*, 2000; Vidal *et al.*, 2002; Peña, 2006).

Vitis vinifera L. cv. Pinot Noir

Las plantaciones del cv. Pinot Noir en Chile se concentran principalmente en zonas templadas-frías específicamente en las regiones de Valparaíso y del Maule. El 41% de la superficie a nivel nacional se encuentra establecida en la región de Valparaíso destacando principalmente los valles de Casablanca y San Antonio, que representan en conjunto el 88%

de las hectáreas de Pinot Noir plantadas en la región de Valparaíso (Catastro vitícola nacional, 2009).

Lo anterior se condice con el hecho de que, Pinot Noir, es considerada una variedad de clima frío, que presenta una madurez temprana con cosechas concentradas, generalmente, entre febrero y marzo. Los viñedos de Pinot Noir se encuentran en valles característicos de cepas blancas, con el fin de apartar el exceso de radiación y evitar la disminución del contenido de aromas por los procesos de respiración. Es un cultivar vigoroso, poco fértil y muy sensible a la pudrición gris. Esta sensibilidad está dada por que la piel es delgada y débil, lo que facilita la rajadura en presencia de agua libre en el período de desarrollo de la baya y el posterior desarrollo de pudrición gris (Melgarejo y Salazar, 2005). En su piel se pueden encontrar solo 5 antocianinas que corresponden a Cianidina, Peonidina, Delfinidina, Petunidina y Malvidina, todas sólo en su forma glicosilada (Kneknopouloset *al.*, 2011). Esta baja cantidad de antocianos se traduce en vinos de colores débilmente intensos y de poco cuerpo (Mori *et al.*, 2005). A esto se debe sumar la alta concentración de azúcares que posee, debido a que los productores retrasan la cosecha para lograr disipar los caracteres herbáceos, desencadenando el aumento en los niveles de azúcares (Leal, 2007).

Ácido abscísico (ABA)

Diversos estudios han señalado que en las bayas de vid vinífera, al ser frutos no-climatéricos, su maduración se ve modulada por la relación que existe entre las concentraciones de ácido abscísico (ABA) y auxinas (Joenget *al.*, 2004), por lo que un aumento del ABA endógeno estimula la expresión de genes del metabolismo secundario y con ello desencadena los procesos de madurez (Inaba *et al.*, 1976). Esto diferencia a la uva de otras frutas, en las cuales el proceso de maduración está estimulado, principalmente, por la concentración de etileno (Peppi *et al.*, 2006).

Además de la concentración de ABA, el comienzo del proceso de madurez se ve estimulado por la concentración de azúcares, que se acumulan desde pinta en adelante y junto al ABA permiten la expresión de genes que forman los compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes (Cakir *et al.*, 2003). Estudios posteriores han señalado que no sólo son estos dos factores los que regularían el comienzo del proceso de la maduración, sino que también lo harían el etileno y brasinoesteroides, que en conjunto gatillan el

complejo proceso de maduración de frutos no-climatéricos (Wheeler *et al.*, 2009).

El ABA es un terpeno que deriva de un carotenoide, el que se sintetiza en todas las células que presenten plastidios y se puede mover vía floema y xilema. Sin embargo, el floema tiene un mayor tránsito ya que el lugar donde más se sintetiza esta hormona es en la hoja; esta última transloca este compuesto hasta la raíz (Antolin *et al.*, 2003; Schroeder y Nambara, 2006). Aun no hay certeza acerca del sitio donde se acumula el ABA, algunos autores señalan que podría ser en las semillas (Wheeler *et al.*, 2009). Sin embargo, la concentración de ABA en los órganos de la planta es muy variable y está dada por la propia síntesis en el órgano y la redistribución desde otros órganos, además del estado de activación de esta fitohormona. Esto último tiene relación con que el ABA se encuentra en forma activa o inactiva según el pH del medio. Sin dejar de ser responsable de procesos fisiológicos del fruto de la vid, el ABA está involucrado en la respuesta de la planta al estrés hídrico, en el cierre estomático y en el receso de las semillas, entre otros (Peppi *et al.*, 2006; Castellarin *et al.*, 2007).

Estudios en el cv. Kyoho, han demostrado que el ABA exógeno estimula la expresión de genes que participan en la ruta de los fenilpropanoides si se realiza una aplicación en el período de pinta. Esto aumenta el contenido de antocianos, ya que aumenta la síntesis de las enzimas que participan en el metabolismo secundario (Ban *et al.*, 2003).

Estudios previos realizados en el país, han determinado que una aplicación de ABA ejecutada 5 días antes de pinta, aumenta el contenido de azúcares y antocianos, y disminuye la acidez de las bayas, en el cv. Carménère, lo que podría estar asociado a un aumento de la concentración de compuestos fenólicos y a un adelantamiento del inicio del proceso de maduración de ésta y otras cepas (Villalobos, 2011). Además, esta aplicación puede afectar la estabilidad de las pieles contribuyendo a impedir la entrada de agua libre en post-pinta, disminuyendo los eventos y probabilidades de rajaduras en las mismas.

Para bayas del cv. Pinot Noir, el estudio de Mori *et al.*, (2007) señalan que la concentración de antocianos aumenta con una aplicación de ABA en pinta. Sin embargo, este estudio relaciona la aplicación de ABA con modificaciones en la temperatura del día-noche, por lo que el efecto del ABA propiamente tal no queda explícitamente claro.

Por otra parte, el ABA se ha considerado como promotor del color en uva de mesa (Peppi *et al.*, 2006) y 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).

Por todo lo anterior, en el presente estudio se propuso determinar el efecto de aplicaciones de ABA en pinta sobre aspectos físicos y químicos de la cepa Pinot Noir.

Hipótesis

La aplicación de ABA a racimos de Pinot Noir en pinta, afecta las características físicas y la composición químicas de las bayas.

Objetivos

Objetivo general

- Determinar el efecto de aplicaciones exógenas de ABA sobre las características físicas y la composición químicas de bayas de vid (*Vitis vinifera* L) cv. Pinot Noir, a lo largo de la maduración.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de ABA sobre el peso de bayas, peso de pieles, evolución de pH, acidez y sólidos solubles en bayas de Pinot Noir.
- Determinar el efecto del ABA sobre la evolución de los metabolitos secundarios a lo largo del período de desarrollo de las bayas.
- Evaluar en forma visual el efecto del ABA sobre la deshidratación de las bayas al momento de la cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en viñedos Veramonte ubicados en el valle de Casablanca (33°22' S; 71°17' O; 320 msnm), en la temporada 2009-2010. El viñedo fue plantado el año 2001 y corresponde a la cepa Pinot Noir. Se encuentra conducido en espaldera simple con riego por goteo. Las mediciones y análisis se realizaron en el laboratorio de Fisiología del Estrés Vegetal, en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Material vegetal

Se escogió una hilera representativa del cuartel en la cual se establecieron 6 bloques, procurando que las plantas de cada bloque fueran homogéneas en vigor. Se intentó no seleccionar plantas enfermas dentro de la zona muestreada. La unidad experimental fue de una planta aparentemente sana de vid vinífera (*Vitis vinifera* L.) cv. Pinot Noir.

Diseño experimental

Se llevó a cabo un diseño experimental en bloques, para lo cual se formaron seis parcelas donde se establecieron en forma aleatoria tres tratamientos de distintas concentraciones de ácido abscísico (ABA) y un testigo. Por lo tanto los tratamientos fueron los siguientes: (i) 50 mg•L⁻¹ABA; (ii) 100 mg•L⁻¹ ABA; (iii) testigo con agua y 0,1% (v/v) del surfactante Tween 20. Las aplicaciones fueron realizadas asperjando la solución con un pulverizador manual en dirección al racimo con un profuso mojamiento. Se ejecutaron dos aplicaciones; la primera el 22 de enero del 2010 (Fig.1) y la segunda el 13 de febrero del 2010; estas fechas correspondieron a +2 y +24 días después de pinta.



Figura 1. Estado de los racimos previo a la primera aplicación de ABA.

La pinta fue considerada cuando el 50% de los racimos de las plantas estaban coloreados y correspondió al 20 de enero del 2010. Las bayas se recolectaron manualmente cortándolas con una tijera raleadora, tomando 50 bayas desde todos los racimos de la planta. Luego de la recolección se almacenaron en una nevera, se rotularon y se trasladaron al laboratorio para ser congeladas a -4°C . Las fechas de aplicación y muestreo quedan resumidas a continuación, en el Cuadro 1.

Cuadro1. Fechas de aplicación y fechas de muestreo del ensayo.

<i>DDP*</i>	Fecha	Aplicación	Muestreo
+ 2	22-01-2010	X	
+ 24	13-02-2010	X	X
+ 31	20-02-2010		X
+ 45	06-03-2010		X
+ 52	13-03-2010		X
+ 82	12-04-2010		X

*DDP: días después de pinta

Análisis básico de bayas

El peso total de bayas se determinó con 50 bayas que luego fueron peladas y los hollejos secados con papel absorbente, para obtener el peso de los hollejos. Para el volumen de bayas se tomaron 25 bayas que se depositaron en una probeta graduada, con agua hasta los 100 mL y por diferencia fue medido el volumen de las bayas.

Los sólidos solubles, el pH y la acidez se determinaron a partir del extracto de jugo de uva que se obtuvo al pelar las 50 bayas. Los sólidos solubles se midieron a través de un refractómetro portátil marca Refraterc, modelo RHB-32ATC, que expresó el contenido de sólidos solubles en grados Brix (°Brix). El pH se determinó con un potenciómetro digital marca Denver-instrument modelo UB-10. La acidez se determinó a través de una titulación con hidróxido de sodio al 0,1 M (NaOH al 0,1M) y se expresó en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ de ácido tartárico.

Análisis de metabolitos secundario

Obtención del mosto para el análisis

El mosto base para los análisis de los productos del metabolismo secundario se obtuvo utilizando el método descrito por Venencie *et al.*, (1997) tomando 50 bayas recolectadas al azar desde todos los racimos de la planta, las que fueron peladas y los hollejos secados con papel absorbente. Los hollejos se trituraron en una solución de 25 mL de medio vínico (5 g ac. tartárico, 100 mL de etanol al 10% v/v y aforado a 1 L con agua destilada), la mezcla se ajustó a un peso de 100 g, por último, a esta solución se le corrigió la acidez hasta obtener un pH de 3,6. La solución fue homogenizada manteniéndola en agitación a 200 rpm por un período de 2 horas utilizando un agitador Green Seriker modelo VS- 201D. Luego de esto se centrifugó a 1.520 g durante 30 min con una centrifuga Hettich modelo Universal 320 R. Para concluir el mosto fue filtrado, con una bomba de vacío, utilizando un filtro Millipore de 0,45 μm y almacenado en frascos opacos hasta su análisis. El mosto obtenido fue utilizado como base para la medición de los compuestos fenólicos

Fenoles totales

Para el análisis de los compuestos fenólicos totales se debe tener en cuenta que esta medición arroja el contenido total de compuestos derivados de la ruta de los fenilpropanoides, ya sea antocianos, proantocianidinas y flavonoles. Se realizó la medición basándose en lo descrito por García-Barceló (1990), que determina la concentración de fenoles totales a través de la medición de la absorbancia en un espectrofotómetro (Shimadzu UV-1060, JP) a 280 nm de longitud de onda. Para obtener la lectura de cada muestra, se procedió a diluir 20 μL de mosto en 980 μL de agua destilada. Para cada muestra se realizaron 3 lecturas del espectrofotómetro. La concentración de fenoles totales se determinó con una curva de calibración realizada con un patrón de ácido Gálico y expresada como mg de ac. Gálico por Kg^{-1} de peso fresco de hollejo.

Antocianos totales

Los antocianos totales que se encuentran en las pieles de las bayas se determinaron a través de la técnica descrita por García-Barceló (1990), que consiste en una decoloración por bisulfito de sodio (NaHSO_3). Para ello se utilizó 1 mL de mosto inicial al cual se adicionó 1 mL de alcohol ácido y 20 mL de ácido clorhídrico (HCl) al 2%. La solución de cada muestra se separó en 2 tubos de ensayo añadiendo 10 mL de solución en cada tubo. A éstos se les incorporó 4 mL de agua destilada y 4 mL de bisulfito de sodio, respectivamente. Todos los preparados fueron llevados a una cámara oscura durante 20 min. A continuación se leyó la absorbancia a 520 nm de longitud de onda en el espectrofotómetro. Al igual que los fenoles totales se realizaron 3 lecturas por muestra para asegurar la veracidad de los datos. La concentración de antocianos totales se determinó con una curva de calibración realizada con un patrón de clorhidrato de malvidina y expresada como mg equivalente de malvidina por Kg^{-1} de peso fresco de hollejo.

Taninos totales

Las proantocianidinas o taninos condensados que se encuentran en las pieles de las bayas fueron medidas según lo descrito por Bate-Smith (1981). El preparado consistió en 2 tubos de ensayo por muestra a los que se les añadió 200 μL de mosto, 5.800 μL agua destilada y 6.000 μL de HCL 35% a cada uno. Uno de ellos fue sometido a baño maría a 90°C durante

30 minutos y luego se dejó enfriar a temperatura ambiente en oscuridad. El otro tubo de ensayo fue llevado a una cámara oscura por 30 minutos. La lectura del espectrofotómetro se llevó a cabo a 550 nm y fue realizada en triplicado. La concentración de taninos totales se determinó con una curva de calibración realizada con un patrón de procianidina y expresada como g equivalentes de procianidina por Kg^{-1} de peso fresco de hollejo.

Deshidratación de bayas

Para evaluar la deshidratación de las bayas, se elaboró una escala visual (Fig. 2) en la cual se identificaron tres niveles; nula, que corresponde a las bayas que presentaban una pérdida aparente de volumen; leve, que corresponde a una deshidratación menor al 50% de la baya y con piel arrugada. Por último severa, que corresponde a un nivel mayor al 50% de la baya deshidratada y piel arrugada. Todo lo anterior fue evaluado en forma visual y al momento de la cosecha, tomando dos racimos por cada planta de este estudio.



Figura2. Escala visual para calificación del nivel de deshidratación. 12 de abril de 2010.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos con esta metodología se sometieron a un test de normalidad y de homogeneidad de varianzas para luego ser procesados a través de un análisis de varianza (ANDEVA). Cuando existieron diferencias, se aplicó la prueba de Tukey con un 95% de confianza. El análisis estadístico se realizó con el programa MINITAB statistical software 13.

RESULTADOS

Peso de bayas y hollejos

En relación al efecto que tuvo la aplicación de ABA sobre el peso de las pieles u hollejos, en este ensayo no hubo diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos. El peso promedio de las 50 bayas alcanzó los $8,18 \pm 1,7$ g al momento de la cosecha, por lo que se puede establecer que la aplicación de ABA exógeno no modificó el peso de los hollejos. Así mismo, se observa en la Figura 3A que el peso de los hollejos se mantiene relativamente constante a lo largo de la temporada.

En cuanto a la relación entre el peso de las pieles y el peso total de bayas, se aprecia que a los 24 DDP existe una relación significativamente mayor para el tratamiento de ABA de $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, con respecto al testigo (Fig. 3B). Más tarde, a los 45 días después de pinta (DDP), nuevamente la aplicación de ABA influye sobre la relación, pero en este caso sólo en las bayas asperjadas con $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ del regulador.

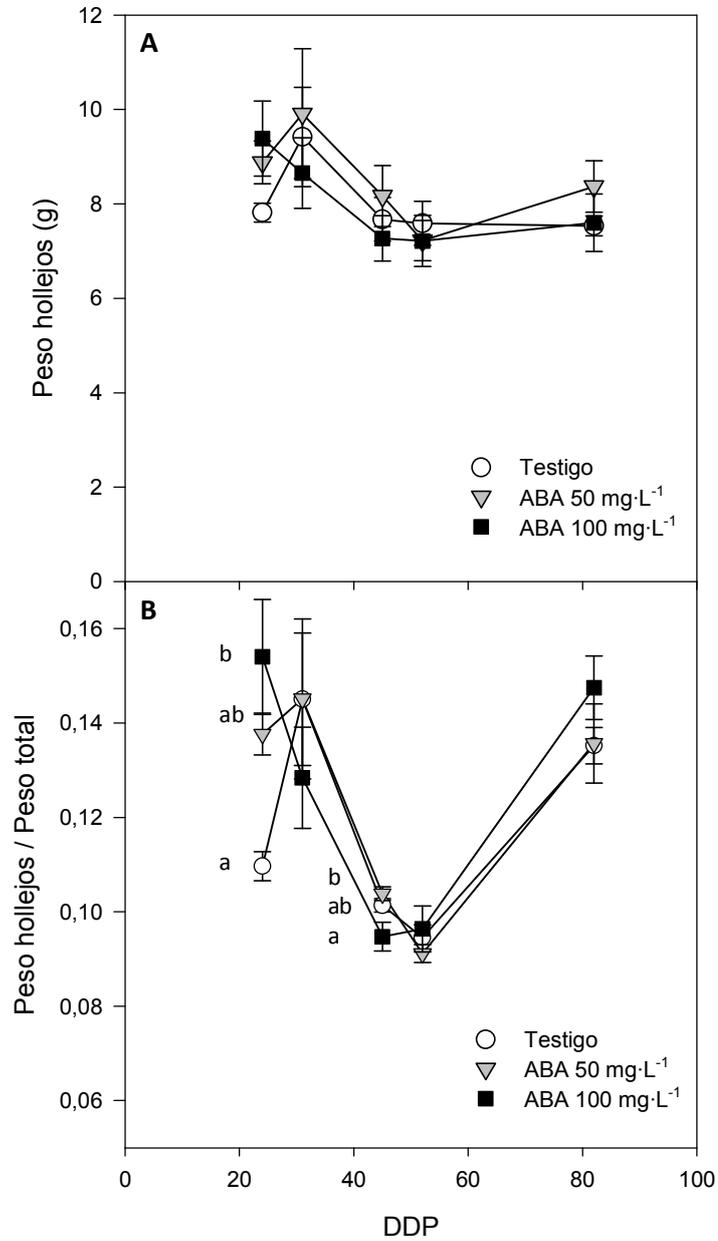


Figura 3. Peso de hollejos (A) y relación Peso de hollejos vs Peso total de bayas (B) en bayas de Pinot Noir con aplicaciones de 50 y 100 mg·L⁻¹ de ABA, y un control con agua destilada, desde pinta hasta 82 DDP (días después de pinta). Barras de error representan E.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para una misma fecha ($p \leq 0,05$).

Volumen de baya

En relación al volumen de bayas medido en este estudio, se puede constatar que el volumen aumentó progresivamente desde los 31 días después de pinta (DDP) hasta los 52 DDP, para luego disminuir conforme las bayas se iban deshidratando, llegando a niveles de $26,9 \text{ cm}^3$ en la cosecha. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las fechas muestreadas (Fig. 4).

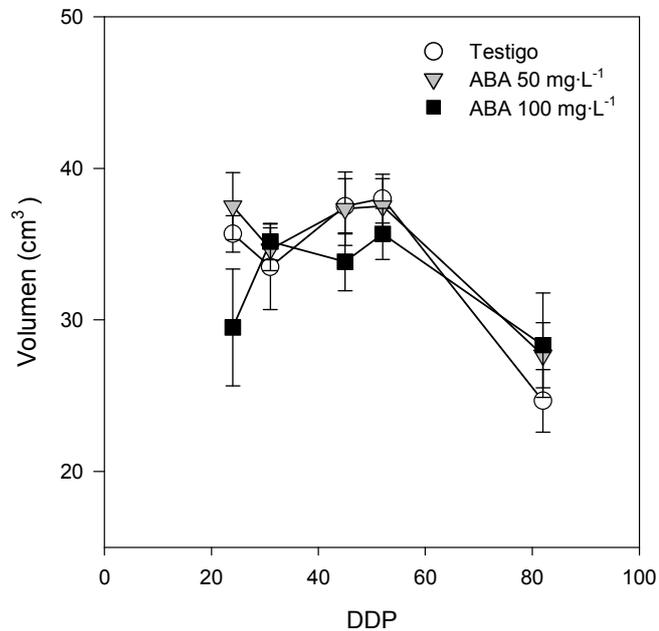


Figura 4. Volumen total en bayas de Pinot Noir con aplicaciones de 50 y $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de ABA, y un control con agua destilada, desde pinta hasta 82 DDP (días después de pinta). Barras de error representan E.E.

Metabolismo primario de bayas

Como era esperable, los sólidos solubles aumentaron progresivamente a lo largo de la temporada, desde los 16 °Brix a los 20 DDP, hasta aproximadamente 29 °Brix a los 82 DDP (Fig. 5). Solo se observan diferencias significativas a los 24 DDP, entre los tratamientos de aspersión de ABA, con un valor promedio de 16,3 y 17,6 °Brix, en los tratamientos de 50 y 100 mg•L⁻¹, respectivamente. En la cosecha no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, con un promedio de 29,3 °Brix.

En cuanto al pH, en la Figura 6A se puede apreciar una leve tendencia a aumentar, con diferencias significativas a los 24 DDP entre el testigo, con un menor valor, y el tratamiento con ABA de 100 mg•L⁻¹. Posteriormente, a los 45 DDP, también se observan diferencias significativas, esta vez entre el tratamiento de ABA de 50 mg•L⁻¹ con un menor valor de pH comparado con el tratamiento de ABA de 100 mg•L⁻¹.

Por último, en la Figura 6B se observa la evolución de la acidez a lo largo de la temporada, con un marcado descenso hasta los 52 DDP. El tratamiento de ABA de 50 mg•L⁻¹ presentó valores de acidez significativamente mayores que el testigo y el tratamiento de ABA de 100 mg•L⁻¹ a los 24 DDP y, posteriormente, a los 31 DDP, se diferencia significativamente el tratamiento de dosis menor con mayor acidez en comparación con el control.

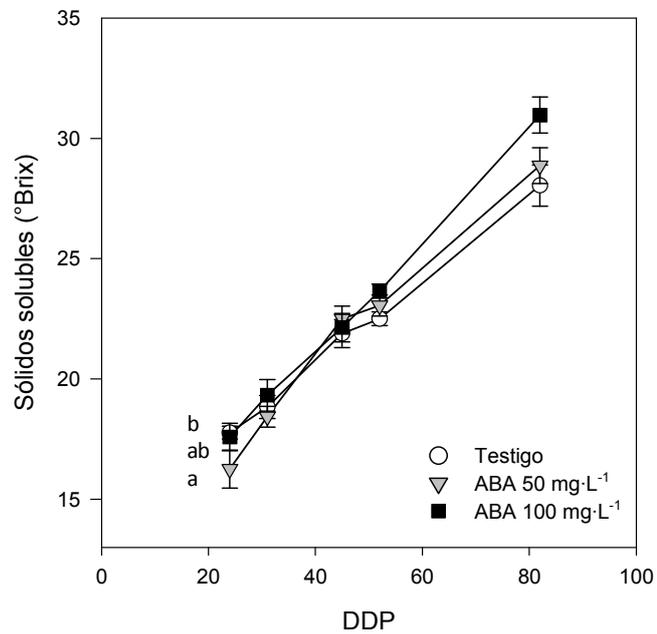


Figura 5. Sólidos solubles (°Brix) en bayas de Pinot Noir con aplicaciones de 50 y 100 mg·L⁻¹ de ABA, y un control con agua destilada, desde pinta hasta 82 DDP (días después de pinta). Barras de error representan E.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para una misma fecha ($p \leq 0,05$).

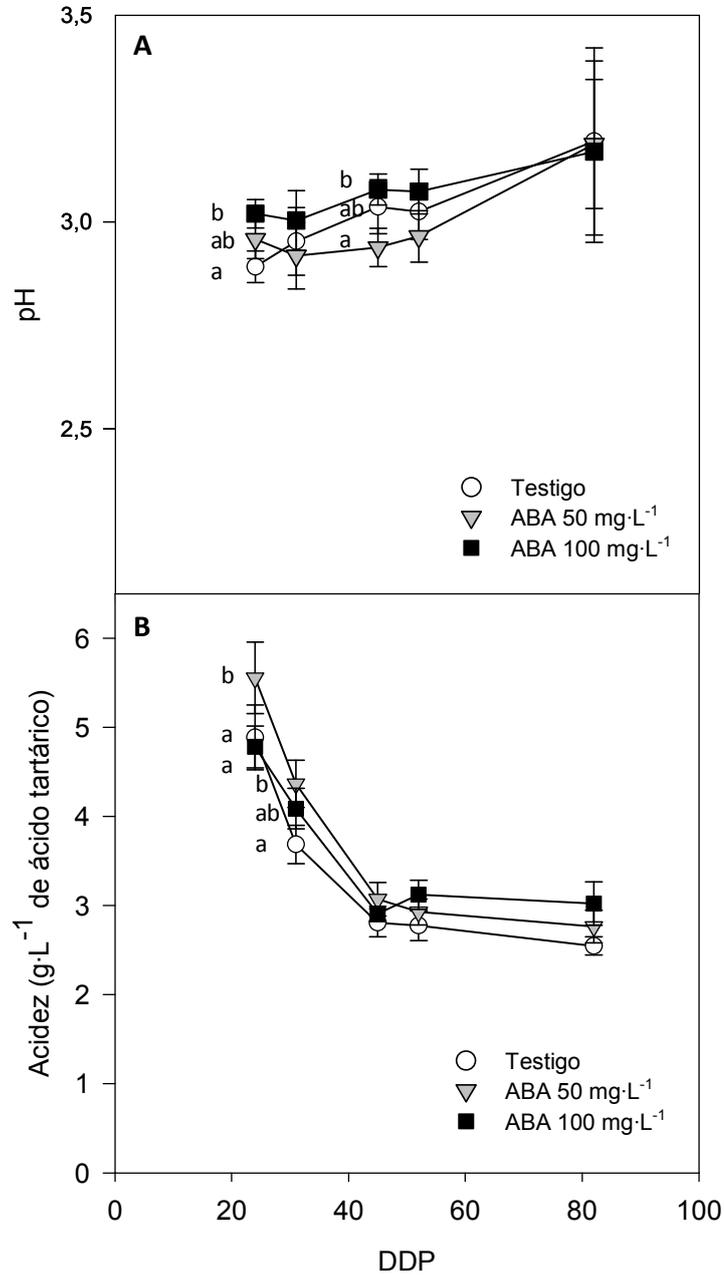


Figura 6. pH (A) y acidez titulable ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ de ácido tartárico) (B) en bayas de Pinot Noir con aplicaciones de 50 y $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de ABA, y un control con agua destilada, desde pinta hasta 82 DDP (Días después de pinta). Barras de error representan E.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para una misma fecha ($p \leq 0,05$)

Composición fenólica de bayas

Fenoles totales

La concentración de fenoles totales no se incrementó en mayor medida con la aplicación de ABA (Fig. 7). Se pueden apreciar diferencias significativas a los 24 DDP, entre los tratamientos de ABA y el testigo, con valores promedio de 171,5 mg de ác. Gálico por Kg⁻¹ de peso fresco de hollejo y 302,4 mg•Kg⁻¹ P.F. hollejo, respectivamente. Se observan diferencias significativas a los 45 DDP con valores significativamente mayores para el testigo con respecto a la aplicación de 50 mg•L⁻¹ de ABA. Por último, en la cosecha se observó, que las bayas aplicadas con 100 mg•L⁻¹ de ABA presentaron una menor concentración de fenoles totales con respecto de los dos tratamientos restantes.

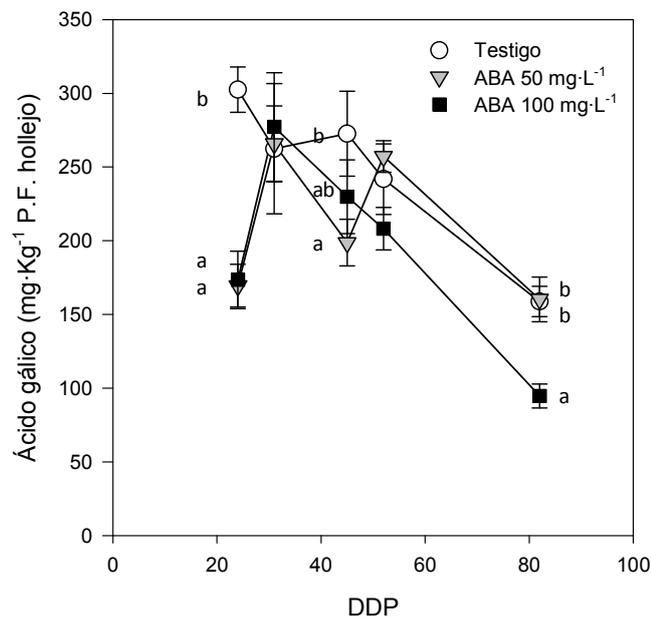


Figura 7. Concentración de fenoles totales (mg de ácido gálico por Kg⁻¹ de peso fresco de hollejo) en bayas de Pinot Noir con aplicaciones de 50 y 100 mg•L⁻¹ de ABA, y un control con agua destilada, desde pinta hasta 82 DDP (días después de pinta). Barras de error representan E.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para una misma fecha ($p \leq 0,05$).

Antocianos totales

La concentración de antocianos en la primera fecha de medición, correspondiente a 24 DDP, alcanzó un promedio de 2.323 mg equivalente de malvidina por Kg⁻¹ de peso fresco de hollejos para el testigo, valor significativamente mayor que los 1.935 mg•Kg⁻¹ P.F. hollejo de las bayas tratadas con ABA (Fig. 8). Como era esperable, el contenido de antocianos comenzó a aumentar llegando hasta un máximo a los 52 DDP, donde se obtuvo un promedio de los tres tratamientos de 3.818 mg•Kg⁻¹ P.F. hollejo, sin diferencias significativas. La concentración de antocianos disminuyó posteriormente, hacia la cosecha, observándose diferencias significativas entre las bayas control y aquellas tratadas con 100 mg•L⁻¹ de ABA con valores promedio de 2.725 y 1.805 mg•Kg⁻¹ P.F. hollejo respectivamente.

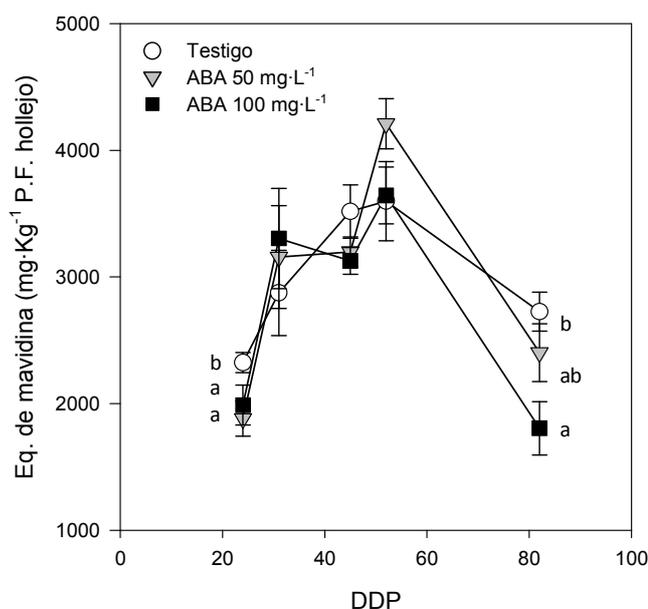


Figura 8. Concentración de antocianos totales (mg equivalente de malvidina por Kg⁻¹ de peso fresco hollejo) en bayas de Pinot Noir con aplicaciones de 50 y 100 mg•L⁻¹ de ABA, y un control con agua destilada, desde pinta hasta 82 DDP (días después de pinta). Barras de error representan E.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para una misma fecha ($p \leq 0,05$).

Taninos totales

Los taninos o proantocianidinas, en este estudio, mantuvieron una tendencia a disminuir su contenido desde los 24 DDP hasta cosecha. A los 24 DDP las bayas testigo alcanzaron un contenido de taninos totales de 31,7 g equivalente de procianidina por Kg^{-1} de peso fresco de hollejo, significativamente superior al de bayas tratadas con ABA, que alcanzaron concentraciones de 19,0 $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ P.F. hollejo. Posterior a los 24 DDP, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, excepto en la fecha de cosecha donde las bayas control junto a aquellas asperjadas con 50 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de ABA, alcanzaron en promedio los 9,6 $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ P.F. hollejo valor significativamente superior a los 5,9 $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ P.F. hollejo de las bayas asperjadas con la dosis más concentrada de ABA (Fig. 9).

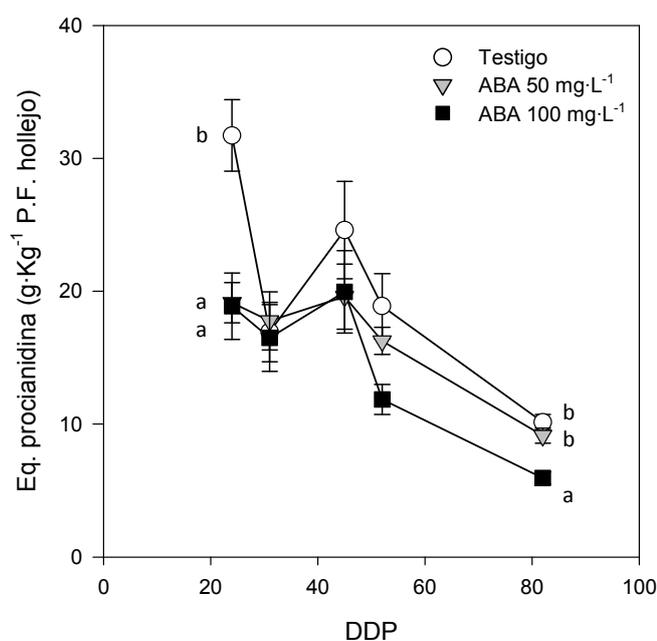


Figura 9. Concentración de taninos totales (g equivalente de procianidina por Kg^{-1} de peso fresco de hollejo) en bayas de Pinot Noir con aplicaciones de 50 y 100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de ABA, y un control con agua destilada, desde pinta hasta 82 DDP (días después de pinta). Barras de error representan E.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para una misma fecha ($p \leq 0,05$).

Deshidratación de bayas

Respecto del porcentaje de bayas con deshidratación nula, se pudo apreciar una diferencia significativa en bayas testigo con respecto a la dosis mayor de ABA (ABA 100 mg•L⁻¹). Como se observa en la Figura 10, del total de bayas del tratamiento testigo un 28,1% presentó nula deshidratación, significativamente mayor al obtenido por el tratamiento de ABA 100 mg•L⁻¹ cuyo porcentaje fue de 4%.

Por otra parte, en el nivel de deshidratación severa, también se encontraron diferencias significativas. Esta vez se presentaron entre el testigo y la dosis menor de ABA (ABA 50 mg•L⁻¹) con respecto a la dosis mayor (ABA 100 mg•L⁻¹), como se puede observar en la Figura 10.

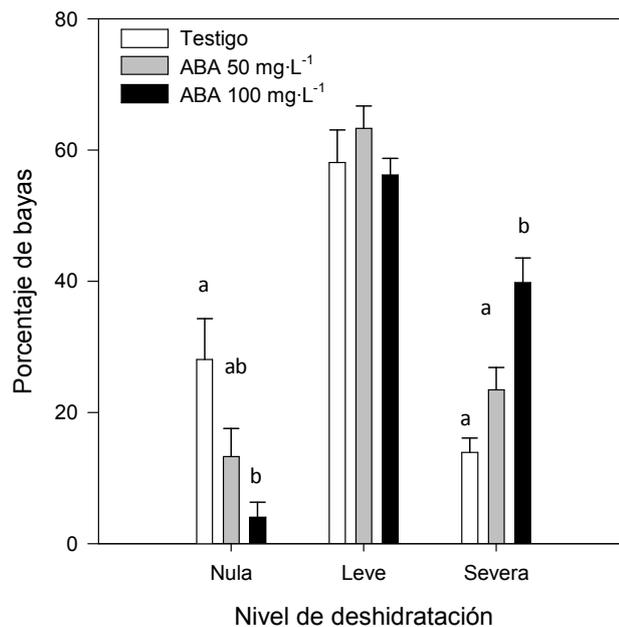


Figura 10. Porcentaje de bayas por nivel de deshidratación para tratamientos con aplicaciones de 50 y 100 mg•L⁻¹ de ABA, y un control con agua destilada, evaluadas en cosecha. Barras de error representan E.E. Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre tratamientos para un mismo nivel de deshidratación ($p \leq 0,05$).

DISCUSIÓN

Efecto de la aplicación de ABA sobre el peso de bayas

El peso de la baya y, específicamente el de pieles, es determinante para la calidad del vino, ya que el grosor de la hipodermis impacta fuertemente en la calidad organoléptica de vinos tintos (Peña, 2006). Similar a lo observado por Villalobos (2011) en la cepa Carménère, en las bayas de Pinot Noir no se observaron aumentos notorios en el peso de las pieles como resultado de las aplicaciones de ABA. En el presente caso, además, se aprecia que no hubo un aumento en el peso de hollejos a lo largo de todo el proceso de maduración (Fig. 3), sugiriendo que en esta cepa se alcanza el crecimiento final de la piel, prácticamente al momento de ocurrir la pinta. Así mismo, se puede establecer que 22 días después de la primera aplicación de ABA aumenta la relación peso de hollejo/peso de pulpa de los racimos tratados con $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de ABA, ya que, existe una diferencia significativa con respecto al testigo (Fig. 3B), aunque esta relación disminuye según avanza la maduración, dando cuenta de un atraso en el comienzo de la acumulación de agua por parte de las bayas tratadas con la dosis mayor. Las razones de lo anterior no son claras y no puede descartarse un efecto fitotóxico del ABA sobre las bayas tratadas.

Por último, las diferencias encontradas en el análisis visual de la deshidratación (Fig. 10), que permite diferenciar el tratamiento de dosis más alta con respecto al testigo, están estrictamente relacionadas con el importante aumento de la relación peso de hollejo/peso total de bayas hacia el final del proceso de maduración (Fig. 3), demostrando la relación que existe entre el peso total de las bayas y el nivel de deshidratación aparente.

Efecto de la aplicación de ABA sobre el metabolismo primario de bayas

El tratamiento que obtuvo mayor acidez luego de la aplicación, fue también el tratamiento con menores sólidos solubles, correspondiente a la aplicación de ABA $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Figs. 5 y 6). Más aún, el tratamiento de mayor concentración de ABA (ABA $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), no fue significativamente superior con respecto al testigo, por lo que, contrario a lo que señalan Wheeler *et al.* (2009) y Villalobos (2011), no hubo un adelantamiento en la acumulación de sólidos solubles luego de la aplicación. Es difícil especular respecto de si tal efecto resulta del momento de aplicación del ABA, relativamente tardía, o bien por el manejo característico de los viñedos de Pinot Noir, en que se retrasa la cosecha para aumentar los niveles de azúcares hacia el final del período de maduración (Leal, 2007). En efecto, Wheeler *et al.* (2009) y Villalobos (2011), trabajaron con cepas de características muy distintas a Pinot Noir, como son Cabernet Sauvignon y Carménère. Por otra parte, aún cuando no se encuentran diferencias significativas en los sólidos solubles (Fig. 5), en la última medición se observó un valor de azúcar de $29,3 \text{ }^\circ\text{Brix}$, en promedio, lo que resulta elevado para propósitos de vinificación, y por sobre lo observado por Mazza *et al.*, (1999), que cosecharon el Pinot Noir con $22,2 \text{ }^\circ\text{Brix}$ y por Cáceres (2005), que señala que para viñedos de Pinot Noir de 6 y 3 ton ha^{-1} la acumulación de sólidos solubles es de $24,6$ y $23,6 \text{ }^\circ\text{Brix}$, respectivamente. Estos resultados confirman que la cosecha se realizó muy tardíamente.

Por último, cabe señalar que al igual que Wheeler *et al.* (2009) y Villalobos (2011), en este estudio también tienden a igualarse hacia el final del proceso de maduración el pH, los azúcares y la acidez. Lo anterior, señala que el efecto del ABA se expresa con mayor intensidad cercano a la aplicación y confirma que el ABA podría estar involucrado en el inicio del proceso de maduración.

Efecto de la aplicación de ABA sobre la composición fenólica de bayas

En el caso de los antocianos, llama la atención que a diferencia de lo reportado en otras cepas, como Cabernet Sauvignon, Merlot y Carménère (Ban *et al.*, 2003; Wheeler *et al.*, 2009; Villalobos, 2011), en este caso la concentración de antocianos no solo es menor a los 24 DDP en las bayas tratadas, sino que no obstante el haberse igualado la concentración de estos pigmentos a lo largo de la temporada entre los distintos tratamientos, en la cosecha las bayas tratadas disminuyeron más fuertemente el contenido de antocianos respecto del control, especialmente en el caso de la mayor concentración de ABA (Fig. 8). Las razones de dicho comportamiento pueden ser diversas. Por una parte, puede deberse al estado de desarrollo de las bayas al momento de aplicación ya que varios autores (Mori *et al.*, 2005; Wheeler *et al.*, 2009; Villalobos, 2011) mencionan que el efecto del ABA sobre el metabolismo de los fenilpropanoides en cepas tintas es máximo al aplicar 5 días antes de pinta. En contraposición, en el presente estudio, la aplicación se realizó cuando el 50% de las bayas del racimo ya se había coloreado (Fig. 1). Debido a lo anterior, es posible que la aplicación se haya realizado cuando los niveles de ABA se encontraban en su máxima concentración (Wheeler *et al.*, 2009). Por otra parte, en la fecha de cosecha se observó que cada tratamiento en particular, presenta un nivel similar de antocianos comparado con la primera medición, y no superiores como presenta Villalobos (2011), sugiriendo la ocurrencia de una degradación de los antocianos. Esto puede ser atribuido a lo tardía de la cosecha o a la mayor exposición de los racimos a la luz producto de la senescencia de hojas basales inducida por la aplicación de ABA (Fig. 11), lo que puede llevar a un aumento de la temperatura del micro-clima de la zona frutal. Aun cuando Price *et al.* (1995) afirman que el contenido de antocianos, en la cepa Pinot Noir, no se modifica según los niveles de interceptación de luz que presente el racimo, estos autores no consideran la degradación. Por otra parte, Mori *et al.* (2007), afirman que la disminución de los antocianos a temperaturas mayores, no está regulada solamente por una menor síntesis sino que también por un aumento de la degradación de estos pigmentos, como puede ser observado en este estudio (Fig. 8). Así mismo, se pudo apreciar que los racimos aplicados con dosis mayores, presentaron mayor deshidratación (Fig. 10), confirmando que esos racimos estaban expuestos a una temperatura más alta.



Figura 11. Comparación del micro-clima de racimo al momento de la cosecha. **A.** Testigo. **B.** ABA 50 mg•L⁻¹. **C.** ABA 100 mg•L⁻¹ (12 de abril 2010).

En cuanto a los fenoles totales, al igual que lo reportado por Mazza *et al.* (1999), en este estudio el patrón de acumulación de fenoles en Pinot Noir, tuvo un máximo a los 31 DDP, para disminuir posteriormente conforme avanzaba el proceso de maduración (Fig. 7). Además, especialmente en la dosis más alta de ABA, existe una degradación más fuerte en la última etapa del desarrollo de la baya, impactando negativamente en el contenido final de fenoles en cosecha. Esto puede ser atribuido a las características de la cepa en estudio, ya que, Pinot Noir presenta pieles delgadas, sumado a la mayor exposición del racimo al sol (Fig. 11).

Los taninos son potentes antioxidantes y co-pigmentos, por lo mismo, buscados por la industria vitivinícola para agregar valor a los vinos tintos. La cinética de acumulación desde pinta en adelante, para los taninos totales en Carménère, sigue una disminución de la concentración hasta 40 DDP con un posterior aumento hacia el final del desarrollo de la baya (Villalobos, 2011). En el presente estudio, la cinética se comportó de forma distinta a lo expresado anteriormente, debido a que la concentración de taninos de las bayas tratadas, fue disminuyendo conforme avanzó el proceso de maduración, tal como ha sido descrito para otras variedades. Por otra parte, a los 24 DDP, se diferencia drásticamente el testigo con respecto a los tratamientos con ABA, lo que permite suponer un efecto nocivo de esta hormona exógena sobre las bayas, en las concentraciones estudiadas, ya que se puede descartar el efecto indirecto provocado por la abscisión de hojas, por en la fecha en que se encuentra la significancia la defoliación aun no se manifestaba.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se realizó el ensayo se puede concluir que el ABA impactó fuertemente en el proceso de la maduración, sin embargo, no tuvo efecto adelantando el inicio de este proceso, ya que bayas aplicadas no presentaron una mayor acumulación de sólidos solubles y tampoco una menor acidez.

Además no presentan modificaciones en el peso de hollejo de las bayas que fueron aplicadas con ABA con respecto al testigo, posiblemente por tratarse de una aplicación realizada en el momento en que la piel de esta cepa ya completó su peso final.

En conclusión, este estudio pudo demostrar que la cepa en cuestión presentó comportamientos distintos a los estudios realizados en otras cepas tintas frente a aplicaciones de ABA, resultando en una disminución de los fenoles, antocianos y taninos totales al momento de la cosecha.

Es posible que una dosis de $100 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de ABA en la cepa Pinot Noir, puede ser muy alta en comparación con otras cepas en investigaciones similares, causando una fuerte defoliación que promueve un aumento en la deshidratación de los racimos con respecto a bayas que no fueron aplicadas, aun cuando queda por demostrar si tal efecto se relaciona con la mayor exposición al sol o por un efecto fitotóxico del ABA sobre esta cepa específica.

BIBLIOGRAFÍA

Antolin, M., Baigorri, H., Luis, I., Aguirrezabal, F., Geny, L., Broquedis, M. and Sanchez-Diaz, M. 2003. ABA during reproductive development in non-irrigated grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Tempranillo). *Australian Journal of Grape and Wine Research* 9: 169–176.

Ban, B., M. Ishimaru, S. Shiozaki, N. Goto-Yamamoto and S. Horiuchi. 2003. Abscisic acid and 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid affect the expression of anthocyanin biosynthetic pathway genes in 'Kyoho' grape berries. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 78 (4): 586 – 589.

Bate-Smith, E.C. 1981. Astringent tannins of the leaves of *Geranium* species. *Phytochemistry* 20: 211-216.

Cáceres, A. 2005. Efecto de dos niveles de carga sobre la composición fenólica de hollejos de los cv. Carménère, Syrah y Pinot Noir durante su maduración en el valle del Maipo. Memoria para optar al título de Ing. Agrónomo. Universidad de Chile. 78 p.

Cakir, B., Agasse, A., Gaillard, C., Saumonneau, A., Delrot, S. and Atanassova, R. 2003. A grape ASR protein involved in sugar and abscisic acid signalling. *The Plant Cell* 15: 2165–2180.

Castellarin S., M. Matthews, G. Di Gaspero, G. Gambetta. 2007. Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. *Planta* 227: 101-112.

Catastro Vitícola Nacional. 2009. Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile, 17p.

Garcia-Barcelo, J. 1990. Técnicas analíticas para vinos. Ediciones FAB. Barcelona, España. 1713.

Gawel, R., Ewart A. and Cirami R. 2000. Effect of rootstock on must and wine composition and the sensory properties of Cabernet-Sauvignon grown at Langhorne Creek, South Australia. *Australian and New Zealand Wine Industry Journal* 15: 67-73.

Inaba, A., M. Ishida and Y. Sobajima. 1976. Changes in endogenous hormone concentrations during berry development in relation to the ripening of Delaware grapes. *Journal of The American Society of Horticultural Science*. 45(3): 245-252.

Jeong, S.T., N. Goto-Yamamoto, S. Kobayashi, M. Esaka. 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.

Kneknopoulos, P. G.K. Skouroumounis, Y. Hayasaka and D. K. Taylor. 2011. New Phenolic Grape Skin Products from *Vitis vinifera* cv. Pinot Noir. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59 (3): 1005-1011.

Leal, G.R. 2007. Influence of reflective mulch on Pinot Noir grapes and wine quality. Tesis of master of applied sciences. Lincoln University, New Zealand. 158 p.

Mazza, G. L. Fukumoto, P. Delaquis, B. Girard, and B. Ewert. 1999. Anthocyanins, Phenolics, and Color of Cabernet Franc, Merlot, and Pinot Noir Wines from British Columbia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 4009-4017.

Melgarejo, P., D. Salazar. 2005. *Viticultura, técnicas de cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos*, 1ª. ed. AMV Ediciones y Mundi-prensa. 325p.

Mori, K., H. Saito, N. Goto-Yamamoto, M. Kitayama, S. Kobayashi, S. Sugaya, H. Gemma and K. Hashizume. 2005. Effects of abscisic acid treatment and night temperatures on anthocyanin composition in Pinot Noir grapes, *Vitis* 44 (4): 161-165.

Mori, K., H. Saito, N. Goto-Yamamoto, M. Kitayama and K. Hashizume. 2007. Loss of anthocyanins in red-wine grapes under high temperature. *Journal of Experimental Botany* 58 (8): 1935-1945.

Peña A. 2006. El color de los vinos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Grupo de Investigación Enológica. Vendimia. Enero-Febrero, 24-26.

Peppi, C., W. Matthew, F. Dokoozlian and N. Dokoozlian. 2006. Abscisic acid application timing and concentration affect firmness, pigmentation, and color of flame seedless grapes.

HortScience 41 (6): 1440-1445.

Price, S.F., P.J. Breen, M. Valladao, and T.Watson. 1995. Cluster sun exposure and quercetin in Pinot Noir grapes and wine. American Journal of Enology and Viticulture. 46 (2):187-194.

Schroeder, J. and E. Nambara. 2006. A quick release mechanism for abscisic acid, Cell 126: 1023-1025.

Venencie, C., M. Uveira, et S. Guet. 1997. Maturité polyphénolique du raisin mise en place d' une methode d' analyse de routine. Revue française d'oenologie 167: 36-41

Villalobos, L. 2011. Ácido abscísico: Importante modulador de la Ruta Fenilpropanoide en bayas de vid cv. Carménère. Tesis para optar al título de Bioquímico. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Wheeler, S., B. Loveys', C. Ford and C. Davies. 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.