UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid (*Vitis vinifera* L.) bajo condiciones de clima frío tropical

Pedro José Almanza Merchán

Universidad Nacional de Colombia
Facultad Agronomía, Escuela de Posgrados
Bogotá D.C., Colombia
2011

Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid (*Vitis vinifera* L.) bajo condiciones de clima frío tropical

Pedro José Almanza Merchán

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:

Doctor en Ciencias Agropecuarias Área Agraria

Director:

Ph.D. Gerhard Fischer

Línea de Investigación:

Fisiología de cultivos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad Agronomía, Escuela de Posgrados

Bogotá D.C., Colombia

2011

Dedicatoria

A mi Esposa Mercedes Iveth.

A mis Hijos Diego Alejandro,
Juliana Karina y
Esteban José.
Fuentes de luz y seguridad,
motores de existencia.

A mis Padres Pablo Antonio y Cecilia.

Agradecimientos

Primero quiero Agradecer a Dios por llenar mi vida de dichas y bendiciones.

A mi Director de Tesis, Dr. Gerhard Fischer Gebauer por brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la concreción de este trabajo.

A los Drs. Alfredo de Jesús Jarma Orozco, Hermann Restrepo Díaz y Aníbal Orlando Herrera Arévalo, como Jurados Evaluadores, por su generosidad científica y valiosas críticas al discutir los resultados de este trabajo.

A los Drs. Diego Miranda, Bernardo Chávez y Jesús Antonio Galviz, por sus sugerencias y acertados aportes durante el desarrollo de este trabajo.

Al Amiguísimo Ing. Agrónomo, M.Sc. Helber Enrique Balaguera López por su permanente disposición, compañerismo y desinteresada ayuda al compartir inquietudes durante los ensayos y en las indicaciones estadísticas.

A Luz Mary Valcárcel, Secretaria de Posgrados por su constante motivación y apoyo para no decaer en los momentos difíciles.

Al Dr. Marco Antonio Quijano Rico por sus consejos y sugerencias y muy especialmente por su colaboración en el préstamo de su viñedo en la Caba y Loma de Puntalarga, en donde se inició la investigación.

Al Ing. Agrónomo Carlos Enrique Pedraza por su incondicional colaboración en el manejo del cultivo, durante los ensayos, en el viñedo de Corrales.

A mis compañeros de la UPTC: Alvarito Alvarado, Pablito Serrano, Fabio Forero, Wilson González, Germán Cely y Javier Álvarez, por su continuo y afectuoso aliento.

A mi esposa e hijos por su cariño, comprensión, paciencia y constante estímulo.

A mis padres y hermanas por brindarme un hogar cálido y enseñarme que la perseverancia y el esfuerzo son el camino para lograr objetivos.

Y a todos aquellos que de alguna forma contribuyeron al éxito de la Tesis.

Resumen

La vid para elaboración de vino es originaria de climas templados. En Colombia se cultiva en el departamento de Boyacá entre 2.200 y 2.650 msnm. Bajo estas condiciones, se desconoce el comportamiento fisicoquímico del fruto de uva y el momento óptimo de cosecha. El objetivo de esta investigación fue determinar el crecimiento y desarrollo del fruto de vid variedades “Pinot Noir” y “Riesling x Silvaner” bajo condiciones de clima frio tropical. Se seleccionaron plantas al azar y se marcaron racimos para realizar determinaciones fisicoquímicas, semanalmente. En las dos variedades, durante el desarrollo de las bayas, el crecimiento fue doble sigmoide, se presentó aumento de los sólidos solubles totales (SST) del pH y del índice de madurez tecnológica (IMT), mientras la acidez total titulable disminuyó. Los frutos de Pinot Noir presentaron los estadios herbáceo, envero, maduración y sobremaduración, este último periodo no se evidenció en “Riesling x Silvaner”, la cual, puede ser cosechada a los 119 días después de antesis (dda), mientras que en “Pinot Noir” la cosecha se puede realizar a los 140 dda. Con base en la masa fresca, los SST y el IMT, la baya puede ser cosechada a los 800,6 grados calor día.

Palabras clave: viticultura tropical, grados calor día, estados fenológicos.

Abstract

The grapes for wine making are native of temperate climates. In Colombia is grown in the department of Boyaca between 2.200 and 2.650 m a.s.l. Under these specific conditions, both the physicochemical behavior of the fruit and its optimum harvest time are unknown. The objective of this research was to determine the growth and development of the grape fruit varieties “Pinot Noir” and “Riesling x Silvaner” under high altitude tropical conditions. Plants were selected randomly and the clusters were marked to made physic-chemical determinations, weekly. In both varieties, during the development of the berries, their

growth was double sigmoid, the total soluble solids (TSS), pH and the index of technological maturity (ITM) presented increased, while total titratable acidity decreased. The fruits of “Pinot Noir” had the herbaceous, ripening, maturation and overripening stage, the latter period was not evidenced in “Riesling x Silvaner”, which can be harvested at 119 days after anthesis (daa), while “Pinot Noir” can be harvested at 140 daa, Based on fresh weight, TSS and IMT, the berry can be harvested at 800.6 degrees day.

Keywords: tropical viticulture, growing degree days, phenological stages.

Contenido

Pág.

Resumen ..... **IX**

Lista de figuras ..... **XIV**

Lista de tablas ..... **XVII**

Introducción **1**

1. Generalidades del cultivo **7**
1.1 Origen y evolución histórica 8
1.1.1 Viticultura en el mundo 8
1.1.2 Viticultura en América 10
1.1.3 Viticultura en Colombia 11
1.2 Taxonomía 12
1.3 Morfología y organografía 14
1.3.1 El sistema radicular 14
1.3.2 Tronco, brazos, pámpanos y sarmientos 15
1.3.3 Hojas y yemas 19
1.3.4 Zarcillos, inflorescencias y flores 21
1.3.5 El fruto 24
1.4 Variedades para elaboración de vino cultivadas en Boyacá 25
1.4.1 Blancas 25
1.4.2 Tintas 27
1.5 Importancia nutricional 29

2. Ecofisiología, fenología, crecimiento y desarrollo del fruto de uva (*Vitis vinifera* L.) 33
2.1 Factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de la vid 34
2.1.1 Temperatura 34
2.1.2 Luminosidad 36
2.1.3 Humedad 37
2.1.4 Suelos 38
2.2 Fenología 40
2.2.1 Ciclo vegetativo 40
2.2.2 Ciclo reproductivo 44
2.2.3 Floración 44
2.2.4 Cuajado y formación del fruto 45
2.2.5 Crecimiento, desarrollo y madurez del fruto 46
2.3 Bibliografía (Introducción, capítulos 2 y 3) 52

3. Determinación de los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones del altiplano tropical en Boyacá 61
3.1 Resumen.....61
3.2 Summary.....62
3.3 Introducción.....62
3.4 Materiales y métodos 64
3.5 Resultados y discusión.....66
3.5.1 Estadio herbáceo.....66
3.5.2 Estadio envero.....68
3.5.3 Estadio Maduración 72
3.5.4 Estadio sobremaduración 73
3.6 Bibliografía 75

4. Comportamiento fisicoquímico del fruto de uva (*Vitis vinifera* L.) variedad SCLP Riesling x Silvaner bajo condiciones de clima frio tropical en Colombia (Sur América) 77
4.1 Resumen.....77
4.2 Summary.....78
4.3 Introducción.....78
4.4 Materiales y métodos 80
4.5 Resultados y discusión.....82
4.5.1 Estadios fenológicos del fruto de uva.....82
4.5.2 Características físicas del fruto 84
4.5.3 Características químicas del fruto 86
4.6 Bibliografía 92

5. Caracterización fisicoquímica durante el crecimiento y desarrollo de frutos de vid (*Vitis vinifera* L.) bajo condiciones del trópico alto 96
5.1 Resumen.....96
5.2 Abstract.....97
5.3 Introducción.....97
5.4 Materiales y métodos 100
5.5 Resultados y discusión.....102
5.5.1 Características físicas.....102
5.5.2 Características químicas.....105
5.6 Literatura citada.....111

6. Efecto del deshoje y raleo de racimos sobre la producción y calidad de bayas de uva (*Vitis vinifera* L.) SCLP Riesling x Silvaner en Corrales (Boyacá, Colombia)114
6.1 Resumen.....114
6.2 Abstract.....115
6.3 Introducción.....115
6.4 Materiales y métodos 117
6.5 Resultados y discusión.....118
6.5.1 Producción.....118
6.5.2 Características químicas.....122
6.6 Literatura citada.....125

7. Rompimiento de la dormancia de yemas de vid (*Vitis vinifera* L.) mediante aplicaciones de extracto de ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones del trópico alto 130

7.1 Resumen 130
7.2 Abstract 131
7.3 Introducción 131
7.4 Materiales y métodos 134
7.5 Resultados y discusión 136
7.5.1 Brotación 136
7.5.2 Área foliar, número de hojas, racimos y brotes 140
7.6 Referencias bibliográficas 142

8. Conclusiones y recomendaciones 145
8.1 Conclusiones 145

Lista de figuras

Pág.

Figura 1-1: Planta de vid, en donde se observa el tronco, brazos, pámpanos, hojas y frutos en uva de mesa Red Globe. 16
Figura 1-2: Tipos de poda y sistema de conducción en uva para elaboración de vino A. Guyot simple en espaldera B. Cordón doble o Royat en espaldera 17
Figura 1-3: Sistema de conducción tipo parral en uva de mesa. 17
Figura 1-4: Yema de la vid protegida por la borra. 20
Figura 1-5: Inflorescencia típica de la uva. 23
Figura 1-6: Frutos de la variedad Riesling. 25
Figura 1-7: Frutos de la variedad Riesling x Silvaner. 26
Figura 1-8: Frutos de la variedad Sauvignon blanco. 27
Figura 1-9: Frutos de la variedad Pinot Noir. 28
Figura 1-10: Frutos de la variedad Cabernet Sauvignon. 29
Figura 2-1: Lloro de la vid como manifestación de inicio de actividad metabólica. 43
Figura 2-2: Estadios fenológicos de Baggiolini para el fruto de *Vitis vinifera* L. a). EF 00/A. Yema aguda con escamas (yema de invierno); b). EF 03/B. Yema hinchada con aspecto algodonoso (borra); c). EF 07/C. Yema visible (punta verde, salida de hojas); d). EF. 12/D. Desarrollo de hojas (dos hojas desplegadas); e). EF. 61/F. Racimos visibles, separados e iniciando floración; f). EF. 65/H. Botones florales; g). EF.69/I. Floración; h). EF 73/ J. Cuajado de fruto; i). EF 81. Comienzo de la maduración (envero en Pinot Noir); j). EF 89. Frutos maduros de Pinot Noir y listos para cosecha; k). EF 92. Inicio de decoloración foliar y caída de hojas; l). Sobremaduración en uva Pinot Noir. 51
Figura 3-1: Comportamiento de la masa fresca en los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones de la Loma de Puntalarga, Boyacá. 66
Figura 3-2: Comportamiento de la masa seca en los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones de la Loma de Puntalarga, Boyacá. 67
Figura 3-3: Comportamiento del pH en los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones de la Loma de Puntalarga, Boyacá. 68
Figura 3-4: Comportamiento de los sólidos solubles totales (SST) y la acidez total titulable (ATT) en los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones de la Loma de Puntalarga, Boyacá. 69
Figura 3-5: Comportamiento del IM en los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones de la Loma de Puntalarga, Boyacá. 70
Figura 4-1: Comportamiento de la masa A. seca y B. fresca C. tasa absoluta de crecimiento (TAC) del fruto de uva variedad Riesling x Silvaner durante el crecimiento y

desarrollo, bajo condiciones del trópico alto. Las barras verticales en cada promedio indican el error estándar (n=3). RSME: raíz cuadrada del cuadrado medio del error. 85
Figura 4-2: Comportamiento del diámetro del fruto de uva variedad Riesling X Silvaner durante el crecimiento y desarrollo, bajo condiciones del trópico alto. Las barras verticales en cada promedio indican el error estándar (n=3). 86
Figura 4-3: Comportamiento de A. sólidos solubles totales (SST) y B. acidez total titulable (ATT) durante el crecimiento y desarrollo del fruto de uva variedad Riesling x Silvaner, bajo condiciones del trópico alto.Las barras verticales en cada promedio indican el error estándar (n=3). 88
Figura 4-4: Comportamiento de A. índice de madurez tecnológico (IMT) y B. pH durante el crecimiento y desarrollo del fruto de uva variedad Riesling x Silvaner, bajo condiciones del trópico alto. Las barras verticales en cada promedio indican el error estándar (n=3). 91
Figura 5-1: Comportamiento de masa seca (A), Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) y Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) (B) en frutos de uva 'Pinot Noir' durante su crecimiento y desarrollo. 103
Figura 5-2: Comportamiento de pH (A) y acidez total titulable (B) en frutos de uva 'Pinot Noir' durante su crecimiento y desarrollo. Las barras verticales indican el error estándar de cada promedio (n=3). 106
Figura 5-3: Comportamiento de sólidos solubles totales (A) e índice de madurez tecnológico (SST/ATT) (B) en frutos de uva 'Pinot Noir' durante su crecimiento y desarrollo. Las barras verticales indican el error estándar de cada promedio (n=3). 108
Figura 5-4: Comportamiento de la masa fresca y los SST en uva 'Pinot Noir' durante su crecimiento y desarrollo. 110
Figura 6-1: Efecto del deshoje y el raleo de racimos en plantas de *Vitis vinifera* L. sobre: A. Producción; B. Masa fresca de racimos; C. Masa fresca del fruto; D. Masa seca del fruto. Promedios seguidos de letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5%). 119
Figura 6-2: Efecto del raleo de racimos en plantas de *Vitis vinifera* L. sobre: A. Producción; B. Masa fresca de racimos; C. Masa fresca del fruto; D. Masa seca del fruto. Promedios seguidos de letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5%). 120
Figura 6-3: Efecto del deshoje y el raleo de racimos en plantas de *Vitis vinifera* L. sobre: A. pH; B. Acidez total titulable (ATT); C. Sólidos solubles totales (SST); D. Índice de madurez técnica (IMT). Promedios seguidos de letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5%). 123
Figura 6-4: Efecto del raleo de racimos en plantas de *Vitis vinifera* L. sobre: A. pH; B. Acidez total titulable (ATT); C. Sólidos solubles totales (SST); D. Índice de madurez técnica (IMT). Promedios seguidos de letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5%). 124
Figura 7-1: Efecto del extracto de ajo sobre el porcentaje de yemas brotadas de uva bajo condiciones del trópico alto. Promedios seguidos de letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). 137

Figura 7-2: Efecto del extracto de ajo sobre el tiempo medio de brotación (TMB) de yemas de uva bajo condiciones del trópico alto. Promedios seguidos de letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). 137
Figura 7-3: Efecto del extracto de ajo sobre la velocidad media de brotación (TMB) de yemas de uva bajo condiciones del trópico alto. Promedios seguidos de letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). 138

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1-1: Clasificación de las especies actualmente existentes dentro del género *Vitis*. 13
Tabla 1-2: Composición y valor nutricional del fruto de *Vitis vinifera* L. 30
Tabla 2-1: Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de la vid. (Lorenz *et al.,* 1994). 50
Tabla 3-1: Componentes principales y correlaciones lineales para los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. 71
Tabla 4-1: Variables ambientales de Corrales (Boyacá-Colombia) entre los meses de julio a noviembre de 2009. 81
Tabla 5-1: Duración de los estadios fenológicos durante el crecimiento y desarrollo del fruto de vid 'Pinot Noir' en Puntalarga, Boyacá. 104
Tabla 6-1: Efecto del deshoje sobre la producción y calidad de bayas de *Vitis vinifera* L. 121
Tabla 7-1: Fórmulas para el cálculo de los diferentes índices de brotación utilizados en el Rompimiento de la dormancia de yemas uva (*Vitis vinifera* L.) mediante aplicaciones de extracto de ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones del trópico alto. 136
Tabla 7-2: Efecto del extracto de ajo sobre el área foliar número de hojas, racimos y brotes de plantas de uva bajo condiciones del trópico alto. 141

Introducción

La vid (*Vitis vinifera* L.) se ubica dentro de los frutales de la más alta tradición e historia en el mundo, siendo cultivada entre 50° latitud Norte y 45° Sur. La superficie con viñedos en el mundo representa alrededor de 7,9 millones de hectáreas. La clasificación de la viticultura se ha efectuado por una subdivisión de cada hemisferio en cuatro bandas climáticas: tropical, sub-tropical, templado y frío. El 70,5% de la superficie dedicada a la viticultura está situada en la zona templada y el 20,3% está en la zona fría; sólo el 6,3% del total está representado por las zonas tropicales y subtropicales (Fregoni, 2007).

La denominada "viticultura tropical", entre los 10° Norte y Sur, se caracteriza por dos situaciones; mientras en las zonas bajas el crecimiento es más rápido, con la posibilidad de cosechar hasta 2,5 veces por año, en las zonas altas el ciclo de crecimiento es más lento (1,8 cosechas al año), pero, la radiación solar incidente más alta en el altiplano tropical es el factor más importante que garantiza, en esta planta heliófila, una excelente calidad del vino. La vid se adapta a muchos tipos de suelos, hasta en los de escasa fertilidad, siendo los franco arenosos y silicio-calizos los preferibles para vinos de alta calidad (Almanza *et al*., 2011). En general, la viticultura tropical y especialmente la de Colombia, debido a su alta diversidad de microclimas y zonas climáticas altitudinales, permite programar vendimias en la época cuando el mercado es más favorable.

La producción mundial de uva para el 2009 fue de 66.935.199 t cultivadas en 7.437.141 ha, de las cuales Colombia tenía sembradas 2.581 ha (FAO, 2011). El departamento del Valle del Cauca (1.000 msnm) es el mayor productor de uva de mesa, durante el año 2007 se tenían plantadas 2.045 ha, con producciones de 33.907 t, con rendimientos de 16,58 t ha^{-1}, aportando el 90,63% de la producción nacional (Agronet, 2009). El segundo productor, especialmente de uva Isabella, es el departamento del Huila, que en el año de 2007 tenía plantadas 304 ha, con producciones de 3.034,4 t y rendimiento de 9,98 t ha-1. Los principales productores de uva para producción de vino se encuentran en el departamento de Boyacá, en altitudes entre 2.200 y 2.650 msnm, donde se ha cultivado

desde 1982. De acuerdo con Gómez (2004), en 16 municipios de las provincias de Sugamuxi, Valderrama, Tundama, Centro, Norte y Gutiérrez, y en dos de la zona de Ricaurte Alto. Las producciones reportadas para el año de 2006 fueron de 83 t en 15 ha, con rendimiento de 5,53 t ha^{-1} (Agronet, 2009).

Jones y Davis (2000) señalan que el desarrollo de la vid ocurre como un efecto directo del clima y puede ser descrito a través de los eventos fenológicos, entendiéndose que la fenología de un sistema de cultivo es importante para determinar la capacidad de una zona o región para producir cosechas dentro del esquema de su régimen climático. El tiempo entre estadios fenológicos varía con el cultivar, con el clima y con la localización geográfica (Jones y Davis, 2000; Tesic *et al*., 2002). El conocimiento de los estadios fenológicos de cultivares de vid en diferentes zonas puede permitir el establecimiento de su capacidad adaptativa y potencial de producción (Piña y Bautista, 2004). Con los estudios de crecimiento y desarrollo se puede establecer la forma en que una planta u órgano, en este caso el fruto, se comporta en determinadas condiciones, lo cual, puede ser útil para programar prácticas culturales como fertilización, riego, control fitosanitario y el momento de la cosecha (Mullins et al., 1992).

La calidad del fruto de la uva, es el resultado de la interacción de factores de tipo biológico, como la variedad y el estado fitosanitario; de tipo físico, entre los que se destacan el suelo y su manejo; factores climáticos como temperatura, precipitación y luz, y los de tipo cultural, principalmente la densidad de plantación, el tipo de conducción, poda, carga de fruta y el manejo de la vegetación (Disegna *et al*., 2005; Quijano, 2006; Almanza *et al*., 2010). Un adecuado balance entre la superficie foliar fotosintéticamente activa y la producción, resulta un factor importante para la obtención de vinos de calidad (Lavin *et al*., 2001; Salazar y Melgarejo, 2005; González-Neves y Ferrer, 2008). La fotosíntesis como proceso dependiente de la luz, no sólo está relacionada a las condiciones climáticas, sino también a prácticas que afectan la intercepción solar (Azcón-Bieto y Talón, 2008). Salisbury y Ross (2000) mencionan que idealmente, una planta debería tener un índice de área foliar que permita una fotosíntesis óptima.

Para la interpretación de los contenidos de sustancias que indican la calidad de la baya se utilizan índices bioclimáticos. La temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos que requieren la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un

estadio a otro en su ciclo de vida. Según Rodríguez y Flórez (2006), la medida de este calor acumulado se conoce como tiempo fisiológico y se expresa en unidades llamadas grados día de crecimiento (GDC). Stenzel *et al*. (2006) afirman que la suma térmica es uno de los métodos más frecuentes para relacionar la temperatura con el desarrollo de la planta que también se define como grados-día de crecimiento acumulados, que es la suma de las temperaturas diarias por encima de una temperatura base y por debajo de un umbral de una temperatura máxima de la planta para finalizar completamente su ciclo o para alcanzar un estado fenológico (Souza, 1990). De acuerdo con Champagnol (1984) e Hidalgo (2002), con temperaturas superiores a 10ºC, la brotación de la vid se presenta en forma progresiva, considerándose este valor como la temperatura base.

La tesis presenta una serie de capítulos que buscan determinar cómo es el comportamiento del crecimiento y desarrollo del fruto de vid bajo condiciones de clima frío tropical, teniendo en cuenta que es una planta originaria de zonas en donde representan cuatro estaciones y por tanto, su comportamiento es diferente. En el capítulo uno se presentan las generalidades del cultivo; el capítulo dos, la ecofisiología, la fenología y el crecimiento y desarrollo del fruto de uva; en el tercer capítulo, se establecen los estadios fenológicos del fruto, bajo condiciones del altiplano tropical en Boyacá; el cuarto se evalúa el comportamiento fisicoquímico durante el crecimiento y desarrollo del fruto de uva, selección clonal Riesling x Silvaner, en el quinto representa la caracterización fisicoquímica durante el crecimiento y desarrollo de frutos de la selección clonal Pinot Noir; el sexto capítulo muestra los resultados de la evaluación del efecto de la poda de hojas y racimos sobre la producción y calidad de bayas de uva selección clonal Riesling x Silvaner y en el séptimo se muestran los resultados del rompimiento de la dormancia de yemas de vid mediante aplicaciones de extracto de ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones del trópico alto.

La vid por ser una planta cuyo origen es la zona templada con presencia de las cuatro estaciones, presenta altos rendimientos con frutos aptos para la producción de vinos. Las zonas tropicales están caracterizadas por la ausencia de estaciones con temperaturas inferiores a 0°C, la temperatura media del mes más frío es superior a 18°C, bajo estas condiciones la vid presenta un reposo vegetativo exiguo o no se presenta. El clima es húmedo con lluvias distribuidas durante todos los meses del año. Tales condiciones no satisfacen las necesidades de termorregulación y fotoperiodo de la vid. Esto induce

desarreglos fisiológicos en la planta que limitan la duración de la vida del viñedo a menos de 15 años (Fregoni, 2005). Los viñedos en esta zona se extienden solamente sobre 23.000 ha, lo que corresponde a alrededor de 0,3% de la superficie mundial.

Los viñedos ubicados a alturas sobre el nivel del mar entre 2.200 a 2.250 msnm, en la llamada viticultura de clima frío tropical, con buen manejo, presentan un comportamiento que lleva a la producción de frutos para la producción de vinos tropicales de calidad, en ambientes que son muy diferentes a los del lugar de origen (Almanza *et al*., 2010). Sin embargo, bajo estas condiciones, hasta este momento son escasas las investigaciones en el área de la agronomía y de la adaptación fisiológica del cultivo. Por tanto, no hay un conocimiento adecuado sobre la fenología de la vid bajo condiciones de clima frío tropical. Además, se desconoce el comportamiento físico-químico durante el crecimiento y desarrollo del fruto en tiempo fisiológico y cronológico, lo que genera que los productores de uva no tengan un criterio técnico adecuado sobre el manejo agronómico del cultivo, que responda a las características agroecológicas de las diferentes zona productoras en Colombia y por ende del momento ideal para la vendimia. Las consecuencias de esto, es que se provocan ciclos fenológicos disparejos que disminuyen la producción y las diferencias de calidades en cada ciclo de cultivo, debido a que los racimos maduran escalonada y des uniformemente (Toro, 1996). El manejo de las plantas determina la disposición espacial del follaje y de los racimos, modificando el microclima e incidiendo de manera fundamental en la regulación del potencial fotosintético, los rendimientos y la composición de la uva (Katerji et al., 1994; Ferrer *et al*., 2007).

La Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid bajo condiciones de clima frío tropical, genera las siguientes preguntas: ¿Cuál es el comportamiento de los estadios fenológicos y la evolución físico-química, durante el crecimiento y desarrollo del fruto de *Vitis vinifera* L. y cuál es el punto óptimo de cosecha bajo condiciones del altiplano tropical?, ¿Cuál es el efecto de la poda de hojas y racimos sobre la producción y calidad de bayas de uva?, ¿Es posible que la aplicación de compuestos orgánicos como el extracto de ajo (*Allium sativum* L.) supla las necesidades de horas frío para el rompimiento de la dormancia de yemas de vid?

Se planteó como objetivo general el siguiente:

Determinar el crecimiento y desarrollo del fruto de uva (*Vitis vinifera* L.) selecciones clonales Pinot Noir y Riesling x Silvaner bajo condiciones de clima frío tropical.

Los objetivos específicos fueron:

- Establecer los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones del altiplano tropical en Boyacá.
- Evaluar el comportamiento fisicoquímico durante el crecimiento y desarrollo del fruto de uva selección clonal Riesling x Silvaner.
- Caracterizar fisicoquímicamente el crecimiento y desarrollo de frutos de vid selección clonal Pinot Noir, bajo condiciones del trópico alto.
- Evaluar el efecto de la poda de hojas y racimos sobre la producción y calidad de bayas de uva selección clonal Riesling x Silvaner en Corrales-Boyacá.
- Establecer el efecto de la aplicación de extracto de ajo (*Allium sativum* L.) para el rompimiento de la dormancia de yemas de vid.

Un vino de calidad procede de una uva de calidad, aspecto en el que inciden varios factores, desde las prácticas culturales y los cuidados dispensados en la producción hasta la cantidad y composición de los azúcares y las sustancias aromáticas varietales. La selección de variedades para una región o el estudio de una variedad en diferentes localidades, requieren de estudios fenológicos (Mullins *et al*., 1992). La fenología del desarrollo del fruto de esta especie está condicionada por factores anatómicos, morfológicos, fisiológicos y climáticos.

Los valles altos de los Andes poseen microclimas que determinan la posibilidad de cultivar exitosamente una amplia gama de frutales, como es el caso de V. vinifera L., que sin ser originaria de la región y gracias a la interacción de las condiciones climáticas con el genotipo permite obtener frutos con características fisicoquímicas favorables para la obtención de frutos de calidad. Los viñedos ubicados en la zona tropical fría de Boyacá, ofrecen frutos para la elaboración de vinos de calidad (Quijano, 2006). Que originan productos con denominación de origen, lo que generaría el fortalecimiento de su producción en calidad para beneficio de los viticultores de la región y de los mismos consumidores.

Mediante la determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid, se obtiene una información valiosa a la hora de elegir y potencializar variedades para recomendar plantaciones que expresen las cualidades regionales, planificación de cosechas, momentos óptimos de aplicación de tratamientos fitosanitarios y realización de técnicas de cultivo como el riego y las operaciones en verde, entre las que pueden incluirse el aclareo de racimos. En este sentido, la producción integrada en el viñedo implica un mayor control técnico, con objeto de poder reducir los insumos en el agrosistema (Almanza, 2008).

1. Generalidades del cultivo

Tradicionalmente la vid es cultivada entre el paralelo 50 del hemisferio Norte y el 45 del hemisferio Sur. Más allá de estos límites los viñedos son dañados por los rigores del invierno y la uva no madura. Actualmente, la superficie con viñedos en el mundo representa alrededor de 7,9 millones de ha. La clasificación de la viticultura se ha efectuado por una subdivisión de cada hemisferio en cuatro bandas climáticas: tropical, sub-tropical, templado y frío. El 70,5% de la superficie dedicada a la viticultura está situada en la zona templada y el 20,3% está en la zona fría; sólo el 6,3% del total está representado por las zonas tropicales y subtropicales (Fregoni, 2007).

De acuerdo con Fregoni (2007), más del 60% de los viñedos están situados principalmente en Europa, en Asia el 20,4%, en América 12,1%, en África 4,5% y en Oceanía 2,2%. La mayor parte de las superficies vitícolas están situadas en el hemisferio Norte y representan 89,9% de los viñedos mundiales, mientras que, los 10,1% restantes se sitúan en el hemisferio Sur (América del Sur, Sudáfrica y Oceanía).

En Colombia, en el año 2006, la vid participó con un 4,7% en la producción nacional de frutas (Agronet, 2008). En el año 2000 Colombia importó 24.229,93 t de uva y exportó 7,41 t (Toro y García, 2003). El departamento del Valle del Cauca es el mayor productor de uva de mesa, durante los años 2005 a 2007 el área del cultivo aumentó de 1.683,1 a 2.045 ha, con producciones de 22.033 a 33.907 t, con rendimientos que oscilan entre 13,09 a 16,58 $t \cdot ha^{-1}$, aportando el 90,63% de la producción nacional (Agronet, 2009). El segundo productor, especialmente de uva “Isabella”, es el departamento del Huila, en el año de 2007 tenía plantadas 304 ha, con producciones de 3.034,4 t y rendimiento de 9,98 $t \cdot ha^{-1}$. El tercer productor es el departamento de Boyacá, en el año de 2006 reportó una producción de 83 t en 15 ha, con rendimiento de 5,53 $t \cdot ha^{-1}$ (Agronet, 2009). En el departamento de Boyacá, 70 familias de 16 municipios, reunidos en el consorcio Vitivinícola del Sol de Oro, en un área de 3600 km2 en una altitud de 2200 a 2650 msnm

cultivan 250. 000 cepas de *V. vinifera*, para la elaboración de vinos de calidad (Gómez, 2004; Quijano, 2004).

1.1 Origen y evolución histórica

Las primeras formas de vid aparecieron, desde los años 6.000 a 4.000 antes de Cristo (a.C.) (Enjalbert, 1975). La vid en estado silvestre era una liana dioica, trepadora y liniforme que crecía, durante la Era Terciaria, apoyada sobre los árboles del bosque templado del Círculo Polar Ártico, donde se encuentra la levadura exógena llamada Saccharomyces cerevisiae, responsable de la fermentación del mosto y su posterior transformación en vino (Martínez de Toda y Sancha, 1997). Así apareció la Vitis praevinifera que es la forma más antigua de hoja pentalobulada, el *V. salyorum* de hoja no recortada y el *V. teutónica*, posteriormente en la Era Cuaternaria se tienen fósiles del *V. aussoniae* y el *V. vinífera* (Duque y Yáñez, 2005). Por tanto, el género *Vitis*, es originario de las zonas templadas del Asia occidental. Su origen se remonta a la Era Terciaria. La variedad *V. vinifera*, es la especie de la cual se derivan las principales variedades comerciales cultivadas.

Los primeros datos que se han recogido sobre el cultivo de la vid se sitúan en Egipto, en la Biblia se cita a la vid asociándola a tierras fértiles. No obstante Columela (1959), afirma que los verdaderos impulsores del cultivo fueron los pueblos ibéricos y celtas, hacia el año 500 a. J.C., aunque fue posteriormente consolidado por los fenicios y sobre todo por los romanos (Cid *et al*., 1994; OIV, 1992), siendo ambas poblaciones procedentes del Mediterráneo oriental, cuna de origen del cultivo. Posteriormente, durante el siglo XX el cultivo de la vid se ha diversificado en dos aspectos, por una parte en buscar plantas resistentes a la filoxera (plaga procedente de América del Norte que arrasó los viñedos europeos), mediante la utilización de patrones y por otra parte, en diferenciar clones dentro de cada variedad que cumplan con exigencias específicas.

1.1.1 Viticultura en el mundo

La vid se cultiva en los cinco continentes: Europa cuenta con 4.9000.000 ha; Asia con 1.727.000 ha; América con 967.000 ha; África con 395.000 ha y Oceanía con 192.000 ha. En América, Chile cuenta con 191.000 ha, Argentina 219.000 ha, Brasil 78.000 ha, Perú y

Uruguay con 11.000 ha cada uno (OIV, 2005). Según Fregoni (2007), la clasificación de la viticultura ha sido confeccionada por la subdivisión de cada hemisferio terrestre en cuatro bandas o zonas climáticas: tropical (comprendida entre 0 y 10° Latitud), sub-tropical (10-30° Latitud), templado (30-45° Latitud) y frío (más allá de los 45°).

La “zona tropical” está caracterizada por la ausencia de estaciones con temperaturas inferiores a 0°C, la temperatura media del mes más frío es superior a 18°C, bajo estas condiciones la vid presenta un reposo vegetativo exiguo o no se presenta (Fregoni, 2007). El clima es húmedo con lluvias distribuidas durante todos los meses del año y no se presentan variaciones entre la duración del día y la noche. Tales condiciones no satisfacen las necesidades de termorregulación y fotoperiodo de la vid. Esto induce desarreglos fisiológicos en la planta que limitan la duración de la vida del viñedo a menos de 15 años (Fregoni, 2005). Los viñedos en esta zona se extienden solamente sobre 23.000 ha, lo que corresponde a alrededor de 0,3% de la superficie mundial. Esto nos indica que a estas latitudes el manejo del viñedo es más complicado. El 13% están localizados en África y el 87% en América del Sur, en particular en Brasil, Perú, Colombia y Venezuela. Sin embargo, los viñedos ubicados a alturas sobre el nivel del mar entre 2.400 a 2.600 msnm, en la llamada viticultura de clima frío tropical, tiene un mejor comportamiento y se producen frutos de alta calidad (Almanza *et al*., 2010).

La “zona sub-tropical” presenta un clima con veranos cálidos y secos. En esta zona el reposo vegetativo se produce, pero es corto y frecuentemente insuficiente para satisfacer las necesidades en frío de la planta. La zona posee 476.000 ha es decir el 6% del total mundial. Ella se extiende principalmente en África (44,7%), en América (22,7%), en Asia (20,2%) y en Oceanía (14,1 %). La viticultura que tiene mayor peso sobre la economía mundial es la de la “zona templada” donde el clima presenta una gran amplitud térmica anual: los inviernos son fríos, a veces nevados y las precipitaciones están concentradas principalmente en primavera y en otoño. Se trata de una zona muy extendida de aproximadamente 5,6 millones de ha, situada en su mayor parte sobre los continentes Europeo (53,4%) y Asiático (27,3%). Ella se encuentra igualmente sobre los continentes Americano (14,7%), Africano (2,5%) y en Oceanía (2,1%). Corresponde al 70,5% de la superficie vitícola mundial (Fregoni, 2007).

1.1.2 Viticultura en América

Históricamente, se comprueba en América, la inexistencia de cualquier tipo de cultivo y producción vínica hasta 1492. Con la llegada de los españoles y más tarde de los portugueses se inicia el cultivo de la vid, al ser pueblos que tenían tradicionalmente incorporado el vino en su dieta. Asentados los descubridores en las nuevas tierras incorporadas a las Coronas de Castilla y Portugal, solicitaban también importantes cantidades de vino para el consumo, que eran difíciles de satisfacer por las dificultades de la navegación en aquella época y la lejanía de los puertos de origen (Navarro, 2008).

Los españoles realizaron los primeros intentos de cultivo en la Isla La Española, hoy, República Dominicana (Hidalgo, 1993). De allí, tres fueron los centros de irradiación del cultivo de la vid en América: dos españoles en Nueva España (México) y en Perú, que se extendieron a países limítrofes, coincidiendo con las campañas de Hernán Cortés y de Francisco Pizarro, y otro complementario portugués de la tierra de Santa Cruz, nombre con el que se bautizó a Brasil Dos fueron los problemas que en esta etapa inicial, para la implantación de Vitis vinífera; uno el material empleado para su establecimiento y segundo, las condiciones climáticas extremadamente cálidas para su cultivo (Navarro, 2008).

El primer material vegetal utilizado para la propagación y el más generalizado estuvo compuesto por sarmientos de vid (Hidalgo, 1993), cuando su implantación se realizaba en el hemisferio Norte, donde se inició y expandió su cultivo. Cuando los sarmientos se enviaban al hemisferio Sur, las cosas se complicaban más aún. Los sarmientos cortados en España en las vides de invierno, brotaban durante los largos viajes, al pasar por latitudes más bajas y cálidas. Al llegar a destino se plantaban en época inapropiada. Luego se comenzó a llevar el material en macetas, para solucionar estos problemas, pero también aquí se presentaron problemas en el transporte. Se sabe, que también se sirvieron de semillas de uva para la formación de aquellos primeros viñedos, con el inconveniente de no reproducir los caracteres varietales y perder uniformidad en las nuevas plantaciones (Navarro, 2008). Según lo reportado por Almanza-Merchán (2011), se extendió así el cultivo de la vid por tierras americanas a partir de tres núcleos: México, Perú y Brasil, este último con la decisiva intervención portuguesa.

1.1.3 Viticultura en Colombia

En Colombia, como aconteció en todas las regiones colonizadas por España, existen vestigios de la introducción de la vid desde principios del siglo XVI en asentamientos y encomiendas, que no pasaron de ser intentos de la época colonial y del período siguiente, Henao (2004), menciona que existen testimonios que en la población de Tanella (Urabá antioqueño) se cultivó la vid, y que fue posiblemente la sede de Santa María la Antigua del Darién. Se cree igualmente que en el valle interandino de Sogamoso crecieron las vides, tanto que dejaron sus huellas en grabados líticos de la época, mostrando una mirla (*Turdus* sp.) picoteando un racimo de uvas. Al desplomarse una parte del mortero que cubría la cúpula de la Iglesia de Firavitoba, Boyacá; que cuenta con 400 años, dejó al descubierto el entramado que lo sostenía, y que había sido elaborado con sarmientos de vid. Lo anterior, parece indicar que quienes introdujeron las primeras vides a esta región fueron los jesuitas, pues en la hacienda de éstos, uno de los primeros centros de operación de la Compañía de Jesús, sobreviven algunas vides de lo que parece ser la cepa silvestre americana que denominaron misión. Quijano (2006), menciona que las cepas de esta variedad se encuentran aún productivas.

El cultivo comercialmente se inició a comienzos del siglo XX, en los valles de la margen occidental del río cauca, en el norte del Departamento del Valle del Cauca, con la plantación de extensiones pequeñas que, más tarde, se ampliaron a otras zonas. De esta manera, en el año 1932 había viñedos en Antioquia, Santander, Tolima y Santa Marta. Pero solo hasta 1945, se impulsó verdaderamente la viticultura, cuando Alberto Grajales plantó 180 vides en el municipio de la unión. Las primeras plantas fueron obsequiadas gracias a un proyecto vitícola del gobierno español que dirigió Seferino González en el Municipio de Bolívar, Valle del Cauca.

El cultivo de la vid, para elaboración de vino, en el altiplano colombiano, en altitudes entre 2.200 y 2.650 msnm, se inició en 1982, en la Loma de Puntalarga, en el Valle del Sol, departamento de Boyacá. Los cultivos de uva en la localidad de Villa de Leyva se iniciaron con algunas variedades alemanas, entre las que se encontraban Riesling, Sylvaner, Pinot Negro y Kerner (Henao, 2004). Entre los municipios de Sutamarchán y Villa de Leyva, a 2.215 msnm, se encuentra ubicado el viñedo “Marqués de Villa de Leyva” que tiene plantadas las variedades Cabernet Sauvignon y Sauvignon Blanc

importadas de Francia y Chardonnay traídas de Napa Valley, California, USA (Marqués de Villa de Leyva, 2010).

Actualmente, en Colombia se cultivan uvas para consumo en fresco en 16 municipios del departamento del Valle del Cauca (mayor productor), distribuido a lo largo del río cauca (4º latitud norte). Otros productores de uva de mesa, son los departamentos de Tolima, Huila y Santanderes. Mientras que en 16 municipios de las provincias de Sugamuxi, Valderrama, Tundama, Norte y Ricaurte alto en el departamento de Boyacá (5º latitud norte, 72° longitud oeste), se cultivan vides con destino a la elaboración de vinos (Almanza-Merchán, 2011).

1.2 Taxonomía

El género *Vitis* al que pertenecen las vides cultivadas, está dividido en dos secciones o subgéneros: Euvitis (2n=36) y Muscadinia (2n=40). En el subgénero Muscadinia, la única especie cultivada es *V. rotundifolia*. En el subgénero Euvitis distinguimos tres grupos: las variedades originarias de América del Norte, que son resistentes a la filoxera y se utilizan fundamentalmente para la producción de patrones (*V. riparia, V. rupestris, V. berlandieri, V. cordifolia, V. labrusca, V. candicans* y *V. cinerea*), las Asiáticas (10 a 20 especies) y las Europeas, representada por la V. vinifera, como única especie que presenta cualidades para la producción de vino, es sensible a la filoxera y a las enfermedades criptogámicas. El número de variedades de V. vinífera registradas en el mundo y surgidas por evolución natural, es al menos de 5.000 (Tessier *et al*., 1999; Ryugo, 1993).

Los patrones son híbridos entre especies americanas (*V. riparia, V. rupestris* y *V. berlandieri*) y/o de éstas con viníferas (*V. vinifera*), con objeto de conseguir material resistente a la filoxera para poder ser injertado (Hidalgo, 1999). Los clones son las descendencias por vía vegetativa, surgidas a partir de un único individuo (cabeza de clon) y que tienen alguna cualidad que los hace diferenciarse del individuo tipo de la variedad (Duque y Yáñez, 1994; Cravero *et al*., 1994).

La clasificación de las variedades cultivadas que componen la especie del Vitis vinífera es difícil, debido a que las variedades actuales proceden, de la evolución, selección,

adaptación al cultivo de las lambruscas (vides silvestres) y del cruzamiento natural entre plantas hermafroditas de origen asiático, introducidas por el hombre, con las poblaciones dioicas europeas de vides silvestres (variabilidad intervarietal), es decir, son mestizos entre las “Proles Póntico-occidentalis” (García, 1993 y Mathon, 1993). De aquí que afirma Duque y Yáñez (2005) que los viñedos presentan variedades de distintas especies. Por otro lado, estos cultivares europeos actuales, posiblemente procedan de un grupo de plantas muy semejantes extraídas de la flora, lo que justificaría plenamente el origen policlonal de nuestros actuales cultivares, que por lo tanto deben ser considerados como auténticas viníferas población (García, 1993). Dada esta variabilidad intravarietal, donde cada variedad está constituida por un conjunto de individuos que no presentan caracteres idénticos en los aspectos morfológicos, agronómicos y organolépticos, es posible, seleccionar cabezas de clon y posteriormente clones, dentro de las variedades.

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 (Dyalypetalae). Pertenece al orden Rhamnales, que son plantas leñosas de vida larga. Por ello, tiene un largo periodo juvenil (3-5 años), durante el cual no produce frutos. Las yemas que se forman durante un ciclo se abren hasta el siguiente, y son las encargadas de la producción (Infoagro, 2008). En la tabla 1-1 se resume la clasificación de las variedades más cultivadas en la actualidad, propuesta por Planchón (Salazar y Melgarejo, 2005).

Tabla 1-1: Clasificación de las especies actualmente existentes dentro del género *Vitis*.

TAXONOMÍA	ESPECIES	PROCEDENCIA
División: Espermatofitas		
Subdivisión: Angiospermas		
Clase: Dicotiledóneas		
Subclase: Archiclamideas		
Orden: Rhamnales		
Familia: Vitáceas		
Género: *Vitis*		
Subgénero: Euvitis (30 especies)	*Vitis vinifera* L.	Europeo-Asiática
	Vitis silvestris	Europeo-Asiática
	Vitis riparia	Americana
	Vitis labrusca	Americana
	Vitis rupestris	Americana
	Vitis berlandieri	Americana
Subgénero: Muscadinea (3)	*Vitis rotundifolia*	Americana-México

Fuente: Adaptado de Salazar y Melgarejo (2005).

El orden Rhamnales incluye distintas familias entre las que figuran las vitáceas, con 14 géneros y más de 140 especies. Dentro del género *Vitis* se han clasificado más de 60 especies con distinta distribución en el mundo. Unas especies son utilizadas como patrones (*V. rupestris*), otras para producción de uva de mesa o para la agroindustria (*V. rotundifolia*) y las que se emplean para consumo en fresco (mesa) o elaboración de vino (*V. vinifera*). Según Salazar y Melgarejo (2005), actualmente se considera dentro de V. silvestres a todas las formas salvajes existentes en la flora espontánea se Euroasia incluyendo los materiales de origen Chino y Japonés.

1.3 Morfología y organografía

La planta de vid está compuesta por dos individuos, uno constituye el sistema radical (*Vitis spp*. del grupo americano, en su mayoría), denominado patrón o portainjerto y, otro 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).

1.3.1 El sistema radicular

La vid tiene un sistema denso de raíces, de crecimiento rápido y que se hace importante con los años, por cumplir con las funciones básicas de anclaje, absorción de agua y elementos minerales y por ser un órgano de acumulación de reservas. En sus tejidos se depositan numerosas sustancias de reserva, principalmente almidón, que sirve para asegurar la brotación después del reposo. La raíz tiene un periodo inicial de extensión o colonización del suelo (7 a 10 años), luego un periodo de explotación del suelo (10 a 40 años), y finalmente un periodo de decadencia a partir de los 50 años (Martínez de Toda, 1991).

Las plantas procedentes de semillas desarrollan una raíz principal de tipo pivotante. De ésta saldrán las raíces secundarias y de éstas, las terciarias y así sucesivamente; con el paso de los años la raíz principal pierde su preponderancia y las secundarias y terciarias adquieren mayor importancia y desarrollo relativo (Chauvet y Reynier, 1984). Este tipo de

plantas procedentes de semilla sólo se utilizan para mejora genética o para obtención de nuevas variedades.

En plantas reproducidas asexualmente (estacas) el sistema radical es de origen adventicio procedente de la diferenciación de células del periciclo, también denominada capa rizógena. Se originan, principalmente, a nivel de los nudos del tallo y son de tipo fasciculado. En este tipo de reproducción, se diferencia un sistema de raíces gruesas o principales y un sistema delgado de raíces secundarias y ampliamente ramificadas, horizontalmente que se desarrolla en un 90% por encima del primer metro de suelo, estando la gran mayoría entre los primeros 20 a 60 cm de profundidad (Chauvet y Reynier, 1984), en donde adquiere mejor nutrición y agua para cumplir con su función (Salazar y Melgarejo, 2005). En determinados suelos el sistema de raíces de cepas viejas puede llegar hasta los 5 m de profundidad. En la mayor parte de las plantaciones la distribución del sistema radicular no es homogéneo; esto es debido a la forma de fertilización, riego o por laboreo del suelo. Mientras que la densidad radicular está determinada por enmarco de plantación, el patrón utilizado y la heterogeneidad del suelo.

Hidalgo (1999) menciona que en la raíz primaria se distinguen muy bien el cilindro cortical (formado por la epidermis, los pelos absorbentes, la exodermis, el parénquima cortical y la endodermis) que suele tener un contorno externo irregular casi en forma de rueda de engranajes, y un cilindro central (constituido por el periciclo, el esbozo del felógeno, los vasos conductores, separados por numerosos radios medulares y el parénquima medular). A medida que las raíces crecen se va diferenciando el cambium y el felógeno que son los meristemos intercalares determinantes del crecimiento en grosor de las raíces. La actividad, en el tiempo, del cambium y el felógeno no es continua, lo que permite diferenciar el tejido generado en cada ciclo de crecimiento, permitiendo determinar la edad de las cepas (Salazar y Melgarejo, 2005).

1.3.2 Tronco, brazos, pámpanos y sarmientos

La viña en estado espontáneo es una liana, gracias a sus tallos sarmentosos y a sus zarcillos que cuando encuentran un soporte o tutor se enroscan en él y trepan en busca de la luz. El tronco, brazos, pámpanos y sarmientos, junto con las hojas, flores, zarcillos y frutos conforman la parte aérea de la vid (Figura 1-1).

Figura 1-1: Planta de vid, en donde se observa el tronco, brazos, pámpanos, hojas y frutos en uva de mesa Red Globe.

El tronco puede estar más o menos definido según el sistema de formación. La altura depende de la poda de formación, estando normalmente comprendida entre los 0,20 a 0,40 m, en uvas para elaboración de vino (sistema guyot simple y cordón doble o royat) (Figura 1-2a y b) y entre 1,80 a 2,0 m, en caso de uva de mesa (sistema parral) (Figura 1-3). El diámetro puede variar entre 0,10 y 0,30 m. Es de aspecto retorcido, sinuoso y agrietado, recubierto exteriormente por una corteza que se desprende en tiras longitudinales. Lo que coloquialmente hablando se conoce como corteza, anatómicamente corresponde a diferentes capas de células que son, del interior al exterior, periciclo, líber, súber, parénquima cortical y epidermis. El conjunto se denomina ritidoma (Martínez de Toda, 1991). El ritidoma se renueva anualmente debido a la actividad de una capa llamada felógeno, formada a partir de la diferenciación de células del periciclo desde el mes de agosto, que genera todos los años súber hacia el exterior y felodermis hacia el interior. Todos los tejidos situados exteriormente al súber quedan aislados formando un tejido muerto llamado ritidoma. Las funciones del tronco son: Almacenamiento de sustancias de reserva, Sujeción de los brazos y pámpanos de la cepa, Conducción del agua con elementos minerales y de fotosintatos.

Figura 1-2: Tipos de poda y sistema de conducción en uva para elaboración de vino A. Guyot simple en espaldera B. Cordón doble o Royat en espaldera

Figura 1-3: Sistema de conducción tipo parral en uva de mesa.

Los brazos o ramas son los encargados de conducir los nutrientes y definir el tipo de arquitectura con la distribución foliar y fructífera. Al igual que el tronco también están recubiertos de una corteza. Los brazos portan los tallos del año, denominados pámpanos cuando son herbáceos y sarmientos cuando están lignificados. De acuerdo con Chauvet y Reynier (1984) se distinguen los siguientes tipos de madera:

- Madera del ciclo de crecimiento: en las zonas de clima templado se denomina “madera del año” constituida por el pámpano o sarmiento, desde que brota la yema que lo origina hasta la caída de la hoja. Comprende por tanto un periodo de crecimiento.

- Madera del segundo ciclo o de 1 año: son los sarmientos desde la caída de la hoja hasta el desarrollo de las yemas en él insertas. Comprende todo el periodo de reposo invernal.
- Madera del segundo ciclo o de 2 años: después de la brotación de las yemas, la madera de un año se denomina madera de dos años, es su segundo periodo de crecimiento. La madera de dos años soporta los pámpanos o sarmientos normales.
- Madera vieja: aquellos tallos con más de 2 años de edad pasan a denominarse madera vieja.

El Pámpano es un brote procedente del desarrollo de una yema normal. El pámpano porta las yemas, las hojas, los zarcillos y las inflorescencias. Al principio de su desarrollo, los pámpanos tienen consistencia herbácea pero hacia el mes de agosto (en zonas ubicadas en el Hemisferio norte, en climas tropicales sucede en cualquier época del año), comienzan a sufrir un conjunto de transformaciones de envejecimiento, pérdida de movilidad de sustancias nutritivas, lignificación y cambio de color, pasando por amarillo y finalizando en marrón; acumulando sustancias de reserva, etc. adquieren consistencia leñosa y pasan a denominarse sarmientos (Martínez de Toda, 1991; Hidalgo, 1993).

El pámpano es un tallo constituido por una sucesión de nudos (zonas hinchadas) y entrenudos (espacio entre nudo y nudo). Los entrenudos son de longitud creciente hasta más o menos el quinto nudo; del quinto al quince la longitud es similar y a continuación van decreciendo en longitud hacia el extremo apical. La longitud puede estar comprendida entre 1 cm en el caso de los primeros entrenudos del pámpano y los 15 a 20 cm en la zona media. En la zona de inserción del pámpano al tallo, denominada corona, no hay entrenudos. El diámetro del pámpano es variable siendo corriente que se encuentre entre 1 y 2 cm en la zona central (Chauver y Reynier, 1984).

Los nudos son ensanchamientos, más o menos pronunciados, donde se insertan diferentes órganos. Pueden ser órganos perennes, como las yemas, o caducos como las hojas, las inflorescencias y los zarcillos. La sucesión de nudos desde la base hasta el ápice se llama rangos. El rango de un órgano es la posición del nudo en el que está inserto (Chauver y Reynier, 1984). Las ramas que nacen sobre los pámpanos en el mismo ciclo de crecimiento, son denominados nietos, plumillas o hijuelos y se

caracterizan por ser cortos y débiles y además por actuar como sumideros débiles. Las que se originan de yemas dormidas, producto de desórdenes fisiogénicos, sobre el tronco o los brazos se les llama chupones y son sumideros fuertes.

1.3.3 Hojas y yemas

Las hojas son simples, alternas, dísticas con ángulo de 180° y divergencia normal de ½ compuestas por peciolo y limbo: El peciolo, está inserto en el pámpano. Envainado o ensanchado en la base, con dos estipulas que caen prematuramente. El Limbo, generalmente pentalobulado (cinco nervios que parten del peciolo y se ramifican), formando senos y lóbulos, los lóbulos son más o menos marcados dependiendo de la variedad. Con borde dentado; color verde más intenso en el haz que en el envés, que presenta una vellosidad también más intensa aunque también hay variedades con hojas glabras. Pueden tener varias formas (cuneiformes, cordiformes, pentagonal, orbicular, reniforme).

Las yemas se insertan en el nudo, por encima de la axila de inserción del peciolo. Hay dos yemas por nudo: la yema normal o latente, que es de mayor tamaño y se desarrolla generalmente en el ciclo siguiente a su formación, y la yema pronta o anticipada que puede brotar el año de su formación, dando lugar a los denominados nietos de menor desarrollo y fertilidad que los pámpanos normales. Si la yema pronta no brota durante el año de su formación, se cae con los primeros fríos, no supera el periodo invernal. Todas las yemas de la vid son mixtas y axilares (Mullins *et al*., 1992).

La yema normal, es de forma más o menos cónica y está constituida por un cono vegetativo principal y uno o dos conos vegetativos secundarios. Estos conos están formados por un tallo embrionario, en los que se diferencian los nudos y entrenudos, los esbozos foliares y en su caso, los esbozos de las inflorescencias, y un meristemo o ápice caulinar en su extremo. Dichos conos vegetativos están protegidos interiormente por una borra algodonosa y exteriormente por dos escamas (Figura 1-4). Las yemas según la posición en el tallo, de acuerdo con Mullins *et al*. (1992), se clasifican en apicales y axilares.

Figura 1-4: Yema de la vid protegida por la borra.

- **Apicales o meristemo terminal.** Es una masa de células indiferenciada que cuando está activa va generando, por diferenciación celular, todos los órganos del tallo. Cuando cesa su actividad, bien por déficit hídrico o por los primeros fríos intensos, muere. No se perpetúa de un año al siguiente.
- **Axilares**. Son las yemas propiamente dichas. Dan el carácter perenne a la planta. En cada nudo o axila hay dos tipos de yema axilar: la normal y la anticipada. De estas yemas axilares, las que están próximas a la zona de inserción del pámpano, reciben el nombre de yemas basales o de la corona, también denominadas casqueras. La más visible y diferenciada de éstas últimas se denomina yema ciega.

De acuerdo con la evolución las yemas se clasifican según Mullins *et al.* (1992) en:

- **Yema latente o normal**. También es conocida como franca. Se desarrolla durante el ciclo siguiente a su formación, originando pámpanos normales.
- **Yema pronta o anticipada.** Es la yema más pequeña situada en la axila de la hoja. Puede desarrollarse el mismo año de su formación, dado lugar a los nietos, que son pámpanos de menor desarrollo y fertilidad y más incompleto agostamiento que el pámpano principal, por tener el ciclo más reducido. Los nietos no poseen yemas de la corona y todos los entrenudos son de longitud más o menos constante.
- **Yemas de madera vieja** se desarrollan al menos dos años después de su formación, están insertas en madera vieja. Suelen ser antiguas yemas normales de la corona del sarmiento que permanecieron tras la poda invernal del sarmiento y al ir creciendo

diametralmente el tronco o brazo han quedado embebidas en la madera. Brotan cuando hay poca carga en la cepa ya sea tras una helada, granizo, por exceso de vigor o por podas desequilibras. Los pámpanos que desarrollan se denominan chupones.

De acuerdo con el número inflorescencias que se diferencie de una yema durante un periodo vegetativo, se presenta lo que se denomina **fertilidad de yemas**. Esta fertilidad se expresará en el ciclo vegetativo siguiente. La producción de una cepa depende, del número de yemas dejadas en la poda y de la fertilidad de éstas, por supuesto influirá la capacidad de desborre, el tamaño de las inflorescencias, número de flores y el porcentaje de cuajado. La fertilidad de las yemas depende de:

- **La naturaleza de la yema:** los conos principales son más fértiles que los secundarios. Las yemas anticipadas son menos fértiles que las yemas normales.
- **Posición en el pámpano:** la fertilidad de las yemas aumenta desde las situadas en la base hasta la zona media del pámpano y posteriormente vuelve a decrecer. Es frecuente que las yemas de la corona no tengan diferenciados racimos, excepto en cultivares muy fértiles.
- **Variedad:** algunas variedades no diferencian racimos o no de suficiente tamaño, en las yemas de los primeros nudos; en estos cultivares es obligado dejar sarmientos largos en la poda para asegurar la rentabilidad del cultivo.
- **Desarrollo vegetativo del pámpano:** en general las mayores fertilidades se obtienen en pámpanos de vigor medio.
- Condiciones ambientales durante la fase de diferenciación de las inflorescencias, fundamentalmente la iluminación.

1.3.4 Zarcillos, inflorescencias y flores

Los zarcillos y las inflorescencias se disponen sobre los nudos en el lado opuesto al punto de inserción de las hojas; pero no todos los nudos llevan zarcillos o inflorescencias. Los zarcillos y las inflorescencias tienen un origen semejante por lo que es frecuente encontrar estados intermedios (zarcillos con algunos frutos).

Los zarcillos son estructuras comparables a los tallos. Pueden ser bifurcados, trifurcados o polifurcados. Con función mecánica y con la particularidad de que sólo se lignifican y permanecen, los zarcillos que se enrollan. Tienen una función de sujeción o trepadora. Los zarcillos, en los pámpanos fértiles, se sitúan siempre por encima de los racimos. La distribución de zarcillos y/o inflorescencias más frecuente en el pámpano es la regular discontinua, que se caracteriza según Mullins *et al*. (1992) y Martínez de Toda (1991) por lo siguiente:

- Hasta el tercer o cuarto nudo no hay zarcillos o inflorescencias (órgano opositifolio).
- A continuación aparecen dos nudos consecutivos con racimo o zarcillo.
- El siguiente sin órgano opositifolio y así sucesivamente.

Con base en la nomenclatura de la modelación arquitectónica de las plantas, la sucesión queda del siguiente modo:
0-0-0-1-1-0-1-1-0-.....
1: racimo o zarcillo. Por encima de un zarcillo no hay racimos
0: ausencia de órganos opositifolios

La inflorescencia de la vid se conoce con el nombre de racimo que es de tipo compuesto. El racimo es un órgano opositifolio, es decir, se sitúa opuesto a la hoja. La vid cultivada lleva de uno a tres racimos por pámpano fértil. Lo normal son dos racimos y rara vez salen cuatro. El racimo está formado por un tallo principal llamado pedúnculo hasta la primera ramificación. La primera ramificación genera los denominados hombros o alas, éstas y el eje principal o raquis, se siguen ramificando varias veces, hasta llegar a las últimas ramificaciones denominadas pedicelos que se expansionan en el extremo constituyendo el receptáculo floral que porta la flor. Dos ramificaciones consecutivas forman una sucesión filotáxica de un ángulo de 90º. Al conjunto de ramificaciones del racimo se le denomina raspón o escobajo (Martínez de Toda, 1991).

Los racimos presentan un número de flores variable según la fertilidad de las yemas que puede oscilar de 50/100 flores para los pequeños a 1000/1500 en los grandes. La forma y tamaño final de los racimos es variable según la variedad, clon y el estado de desarrollo. Se denomina racimo a los ramilletes desarrollados en los nietos, que una vez

que fructifican no suelen completar su maduración. A veces también se les da el nombre de grumos (Mullins *et al*., 1992).

Las flores son hermafroditas, pentámeras, pequeñas (2 mm), de color verde y poco llamativas, se agrupan como inflorescencias en racimos, conformadas desde yemas fértiles en el pámpano (Figura 1-5). De acuerdo con Ryugo (1993) la flor presenta las siguientes partes:

- **Pedúnculo o cabillo:** el conjunto forman el raquis, raspón o escobajo.
- **Cáliz:** constituido por cinco sépalos soldados que le dan forma de cúpula.
- **Corola:** formada por cinco pétalos soldados en el ápice, que protege al androceo y gineceo desprendiéndose en la floración. Se denomina capuchón o caliptra (corola soldada), la cual sufre dehiscencia del receptáculo exponiendo el pistilo y los estambres.
- **Androceo:** cinco estambres opuestos a los pétalos constituidos por un filamento y dos lóbulos (tecas) con dehiscencia longitudinal e introrsa. En su interior se ubican los sacos polínicos.
- **Gineceo:** ovario súpero, bicarpelar (carpelos soldados) con dos óvulos por carpelo. Estilo corto y estigma ligeramente expandido y deprimido en el centro.

Figura 1-5: Inflorescencia típica de la uva.

1.3.5 El fruto

Es una baya de forma y tamaño variables. Más o menos esférica u ovalada, y por término medio de 12 a 18 mm de diámetro en uva para mesa y de 7 a 15 mm en uva para vino. Los frutos en variedades de mesa pesan entre 5 y 10 g y los de vino entre 1 y 2 g (Almanza, 2008). Se distinguen tres partes generales en el fruto (Hidalgo, 1993):

- **Epicarpio:** conocido como hollejo en la viticultura, es la parte más externa de la uva y como tal, sirve de protección del fruto. Membranoso y con epidermis cutinizada, elástico. En su exterior se forma una capa cerosa llamada pruina. La pruina tiene función protectora y se encarga de fijar las levaduras que fermentan el mosto y también actúa como capa protectora. El color del hollejo varía según el estado fenológico en el que se encuentra. En la fase herbácea es de color verde y a partir del envero es de color amarillo en variedades blancas, y rosado o violáceo, en variedades tintas. Es el responsable del color y aroma, pues es donde residen los polifenoles que dan color al mosto (antocianos y flavonoides). En las variedades tintoreras (Garnacha tintorera) también se acumula materia colorante en la pulpa. El hollejo representa el 7% de la totalidad del fruto.

- **Mesocarpio:** representa la mayor parte del fruto y es conocido como pulpa. La pulpa es translúcida a excepción de las variedades tintoreras (acumulan aquí sus materias colorantes) y muy rica en agua, azúcares, ácidos (málico y tartárico principalmente), aromas, etc. Se encuentra recorrida por una fina red de haces conductores, denominándose pincel a la prolongación de los haces del pedicelo, contribuye con el 84% del total del fruto.

- **Semillas o pepitas:** las semillas están rodeadas por una fina capa (endocarpio) que las protege. Son ricas en aceites y taninos. Están presentes en número de 0 a 4 semillas por baya. A la baya sin semillas se la denomina baya apirena. Exteriormente se diferencian tres zonas: pico, vientre y dorso. En su interior se encuentra el albumen y embrión, que representan el 4% del fruto.

1.4 Variedades para elaboración de vino cultivadas en Boyacá

Se caracterizan por que sus bayas son de tamaño pequeño (12 a 18 mm de diámetro ecuatorial) y muy dulces, alcanzando valores superiores a 22 º Brix. En Colombia estas variedades se cultivan exclusivamente en dos zonas del Departamento de Boyacá (Villa de Leyva y Alto Chicamocha) en altitudes que van desde 2200 a 2700 msnm, en lo que se conoce como viticultura de clima frío tropical (Almanza, 2008). Al respecto, Quijano (2004, 2008) menciona que los vinos producidos bajo las condiciones de altitud, gracias a la posición geográfica, la intensidad y composición de la luz, las agradables temperaturas diurnas y noches frías, se refleja en el color, aroma, sabor y en el "bouquet". Las selecciones clonales más utilizadas para elaboración de vinos son:

1.4.1 Blancas

- **Riesling.** Originaria del Rin (Rheingauer). Los racimos son compactos y sus frutos son pequeños y amarillo dorados al madurar (Figura 1-6). Se elaboran vinos blancos dulces, secos y semisecos, muy perfumados y delicados (Quijano, 2008; Sabogal, 2007; Reynier, 1995). Quijano (2008) menciona que esta variedad hace parte del primer “cruce” tropical varietal, con uvas producidas en la Loma de Puntalarga, de cepas seleccionadas y aclimatadas desde 1984, los vinos que origina son de color dorado pálido con reflejos verdosos, con aromas afrutados a durazno, curuba y flores de eucaliptos.

Figura 1-6: Frutos de la variedad Riesling.

- **Silvaner.** De origen alemán, los racimos son pequeños y compactos, la baya es pequeña de color verde amarillenta y puede llegar a tonos dorados al madurar, la planta presenta desborre temprano y su rendimiento es bajo (Mapa, 2008). Los vinos que se producen son muy secos, ligeros afrutados y algo ácidos (Sabogal, 2008). En Boyacá, es cultivada por viticultores del Consorcio Sol de Oro.

- **Riesling x Silvaner**. También conocida como Müller Thurgau o Riesling Becker. Es resultado del cruzamiento entre Riesling x Silvaner, obra del extinto Profesor Helmut Becker, del Centro de Investigaciones de Geisenheim, en el Valle del Rin, Alemania (Mapa, 2008). Los frutos son pequeños (12 a 15 mm) y muy dulces (24 a 28 ºbrix). El color de la baya al madurar es amarillo dorado pálido (Figura 1-7), produce vinos con aroma intenso, en el que se entremezclan olores que recuerdan a frutas y flores tanto regionales como de huertos de su lugar de origen. En boca es elegante y glicérico, con acidez discreta y agradables retronasales (Quijano, 2008). Es otra de las variedades cultivada en la zona que comprende el Consorcio sol de Oro.

Figura 1-7: Frutos de la variedad Riesling x Silvaner.

- **Chardonnay.** Es una variedad que procede de la región francesa de Borgoña. De acuerdo con Sabogal (2007) es una uva de gran calidad y muy fina, su racimo es pequeño y compacto, tiene una maduración temprana, origina vinos afrutados (manzana y piña) y ácidos, que ofrecen buenos resultados como vinos jóvenes o de larga crianza en cavas, generalmente se utiliza para elaborar champagnes (Mapa, 2008). Es una variedad cultivada en Villa de Leyva y Sutamarchán, Boyacá.

- **Sauvignon.** Cepaje originario de Burdeus, Francia, aromático, herbáceo, algo ahumado. En coupage con la Chardonnay produce vinos de marcado carácter y potentes aromas primarios (Mapa, 2008). Se obtienen vinos blancos secos y con aromas cítricos y herbáceos de acuerdo al grado de madurez. El vino Joven es aromático y en crianza y cavas se comporta de manera excelente. Es cultivado en Villa de Leyva (Figura 1-8).

Figura 1-8: Frutos de la variedad Sauvignon blanco.

1.4.2 Tintas

- **Pinot Noir.** Proveniente de Borgoña, Francia. El racimo es pequeño y muy compacto, sus frutos maduros son de color negro azulados (Figura 1-9), pequeños (13 a 15 mm de diámetro ecuatorial), jugosos y muy dulces (alcanzan hasta 30º Brix), la acidez es media, es sensible al exceso de sol y a la sobremaduración, presentando deshidratación (Almanza, 2008), se elaboran vinos varietales de color rojo rubí con reflejos granate, brillante. Con buen cuerpo finos en intensidad y complejidad

aromática, lo que los hace muy elegantes, con marcada astringencia y tenor ácido elevado (Mapa, 2008). Según la forma de vinificación, es apta para el envejecimiento. Es una variedad de brotación y maduración temprana, propia de climas septentrionales es baja en taninos aromas florales rosas, frambuesas y cerezas, frutos rojos y arrayán (Quijano, 2008). Se cultiva en Boyacá y es la variedad líder del Viñedo y Caba Loma de Puntalarga en Nobsa.

Figura 1-9: Frutos de la variedad Pinot Noir.

- **Cabernet Sauvignon.** Originaria del Medoc Francés, se considera el cepaje número uno de los racimos tintos en el mundo (Reynier, 1995). Conforma, junto a Pinot Noir y a Merlot, los grandes vinos de Burdeos, y está presente, hoy en día, en los cinco continentes Construye vinos de gran cuerpo, elegantes, austeros y sensuales; su juventud no es muy agradecida por su alto contenido en taninos, pero su madurez es opulenta y grandilocuente, alcanza su plenitud después de mucho madurar en madera y añejarse en la botella (Mapa, 2008). Según Sabogal (2007) presenta sabores y aromas a pimiento verde, pimienta, frambuesas, moras, fresas maduras, higos secos, especias y mentol. Se cultiva en Villa de Leyva y Sutamarchán (Figura 1-10).

Figura 1-10: Frutos de la variedad Cabernet Sauvignon.

- **Merlot.** Cepaje oriundo de Burdeos, sus racimos son de tamaño medio y baya pequeña de color azul negruzca. La planta tiende a emitir chupones que obliga a realizar podas cortas y en verde. Es excelente para elaboración de vinos varietales, tiene menos cuerpo que la Cabernet Sauvignon y menor posibilidad de añejamiento, pero de buena suavidad y ligereza, que no necesitan de un alargado envejecimiento en barrica (Mapa, 2008). Sabogal (2007) menciona que es suave en nariz y boca, al mismo tiempo presenta aromas dulces y suaves. El cultivo de esta variedad se realiza en la zona del alto Ricaurte en Boyacá.

1.5 Importancia nutricional

La composición y valor nutricional de las uvas puede variar ligeramente según se trate de uvas de mesa o para vino y blancas o negras. En general, su aporte en hidratos de carbono es mayor que en otras frutas. También contiene cantidades apreciables de fibra (fundamentalmente de tipo soluble), vitaminas y minerales (Tabla 1-2).

Tabla 1-2: Composición y valor nutricional del fruto de *Vitis vinifera* L.

COMPUESTOS	Cantidad por 100 g de porción comestible
Agua	81,1 (g)
Energía	67 (kcal)
Proteínas	0,68 (g)
Hidratos de carbono	15,2 (g)
Lípidos	0,28 (g)
Fibra	
Fibra total	1,5 (g)
Vitaminas	
Vitamina A (Retinol)	5,5 (µg)
Carotenos totales	33 (µg)
Beta-caroteno	33 (µg)
Vitamina E	0,63 (mg)
Vitamina B1	0,05 (mg)
Vitamina B2	0,03 (mg)
Niacina	0,23 (mg)
Vitamina B6	0,07 (mg)
Folatos	43 (µg)
Vitamina C	4,2 (mg)
Minerales	
Calcio	12 (mg)
Hierro	0,41 (mg)
Fósforo	19 (mg)
Magnesio	7,6 (mg)
Zinc	0,05 (mg)
Selenio	1,7 (µg)
Sodio	2 (mg)
Potasio	197 (mg)
Esteroles	
Esteroles totales	4 (mg)
Beta-sitosterol	3 (mg)
Compuestos bioactivos especiales	
Kaempferol	Trazas (mg)
Quercetina	1,4 (mg)
Miricetina	0,45 (mg)
Ácidos orgánicos	
Ácido cítrico	23 (mg)
Ácido clorogénico	13 (mg)
Acido málico	327 (mg)
Acido tartárico	530 (mg)

Fuentes: Souci *et al*. (2000); Moreiras *et al.* (2001); Olmedilla *et al*. (2001); USDA (2002).

Los compuestos presentes en la uva especialmente la negra, pueden tener un efecto preventivo frente a enfermedades degenerativas (Kandaswami y Middleton, 1994) como las cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, trastornos neurodegenerativos, e incluso patologías como las cataratas. Entre los compuestos implicados están los compuestos fenólicos, destacando los estilbenos (resveratrol) y los flavonoides. Los estudios de Craig (1997) y Keevil *et al*. (2000) demuestran que los compuestos fenólicos presentes en la uva y el vino aumentan la protección frente a la oxidación de las LDL-colesterol, inhiben la agregación plaquetaria y aumentan la producción endotelial de óxido nítrico provocando una disminución del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (Almanza-Merchán, 2011).

Se ha demostrado que los nutrientes presentes en la uva (pulpa, piel y pepitas) y el vino, pueden reducir el riesgo de padecer cáncer mediante la inhibición de la formación de células preneoplásicas y la modulación de la actividad estrogénica (Agarwal *et al*., 2002; Koide *et al*., 1996; Roemer y Mahyar-Roemer, 2002). Así mismo, dichos fitonutrientes están implicados en la prevención de los daño oxidativos a las membranas de las células neuronales, lo que puede ayudar a ralentizar la progresión de enfermedades como el alzheimer.

2. Ecofisiología, fenología, crecimiento y desarrollo del fruto de uva (*Vitis vinifera* L.)

La ecofisiología es la ciencia que se encarga del estudio de los efectos ambientales sobre los procesos fisiológicos de las plantas cultivadas. La cual está muy acorde con la definición clásica de la fisiología vegetal, como la ciencia que se encarga del estudio de los procesos físico-químicos que ocurren en las plantas y sus respuestas frente a los agentes variables tanto externos como internos, en busca de la conservación del equilibrio dinámico del desarrollo para garantizar la autoperpetuación de las especies (Almanza, 2000).

Dentro de los factores permanentes de la producción en el cultivo de la vid, el clima es posiblemente el que con mayor intensidad determina las posibilidades y la vocación vitícola del medio, en relación con las exigencias de las variedades cultivadas tanto para consumo en fresco como para la agroindustria. La vid tiene unas exigencias climáticas bien determinadas, definidas fundamentalmente por las temperaturas, la luminosidad y las precipitaciones (Hidalgo, 1993). La *Vitis sp*., bajo las condiciones agroecológicas de la zona templada, produce uva una vez al año. Durante el invierno las plantas entran en "dormancia"; en condiciones tropicales se pueden obtener hasta 2,5 cosechas al año, gracias a la intervención del hombre y a las condiciones agroclimáticas (Quijano, 2001). La zona productora de uva de mesa en el Valle del Cauca se ubica en altitudes comprendidas entre 1.000 a 1.200 msnm, mientras que los cultivos comerciales, para elaboración de vinos, se encuentran en Boyacá entre los 2.200 y 2.700 msnm.

En zonas de mayor altitud y baja latitud, como es el caso de la viticultura de clima frío tropical (Almanza *et al*., 2010; Almanza-Merchán, 2011), el clima es el factor que impone límites de altura, en busca de exigencias microclimáticas. Por ello, la necesidad de realizar las plantaciones en pendientes muy bien orientadas, buscando evitar heladas y para lograr un régimen térmico más elevado, que junto con la intensidad y composición

espectral de la radiación solar, durante el periodo de crecimiento, y con la amplitud del cambio de la temperatura diurna y nocturna favorezcan la mayor concentración de azúcares y productos del metabolismo secundario (Quijano, 2004; Almanza, 2008).

2.1 Factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de la vid

2.1.1 Temperatura

La temperatura es el factor climático más importante para definir la época y velocidad de las distintas fases fenológicas de la vid (Branas *et al*., 1946). Dado que cada variedad tiene su propia temperatura fisiológica base. A esto se le llama acumulación de grados día de crecimiento (GDC), o calor acumulado por día. La temperatura fisiológica base, también llamada cero de vegetación, corresponde a 10 °C, que es la temperatura media diaria por encima de la cual se produce crecimiento y desarrollo, aunque es importante mencionar que esta cambia de acuerdo con los estadios de desarrollo fenológico (Antonacci *et al*., 2001; Oliveira, 1998; Wilsón y Barnett, 1983).

Antonacci *et al*. (2001) menciona que a medida que aumenta la latitud, es mayor el aumento de la estacionalidad del ambiente. A menores latitudes, la relación entre grados día y días hasta un determinado estado fenológico es casi rectilínea, en cambio a mayores latitudes la relación se hace curvilínea, y aumenta el número de días para alcanzar el estado fenológico determinado. Según ensayos realizados por Villaseca *et al*. (1986), los cultivares de uva de mesa de madurez temprana, requieren entre 850 a 950 grados día para alcanzar su madurez, mientras que los cultivares de madurez tardía requieren de 1.150 a 1.350 grados día.

De acuerdo con Reynier (1995), la temperatura es el factor determinante para cada evento fenológico, es así como el proceso fotosintético aumenta con la temperatura hasta 30 ºC, a partir de este valor comienza a decrecer y se detiene a los 38 ºC. Las temperaturas óptimas para el cultivo de la vid en sus distintas etapas de desarrollo son las siguientes: para apertura de yemas de 8 a 12 ºC, en floración de 18 a 22 ºC, desde

floración a envero (cambio de color) de 22 a 26 ºC, de cambio de color a maduración desde 20 a 24 ºC y para vendimia (cosecha) de 18 a 22 ºC. Las variedades de fruto blanco son menos exigentes en temperatura que las de fruto rojo ya que esta última la requiere durante la fase de envero.

Para el caso de las variedades, para elaboración de vinos, cultivadas en Boyacá en donde las temperaturas diurnas oscilan entre 18 y 24 ºC, debido al proceso fotosintético, se favorece la formación de azúcares, mientras que en las noches las temperaturas son cercanas a la temperatura fisiológica base, la respiración es menor. Por tanto, los investigadores han establecido un índice de frío nocturno (Happ, 1999; Tonieto, 1999). Las temperaturas nocturnas bajas en el periodo de maduración, son excelentes para la calidad del vino (Quijano Rico, 2004). Según Reynier (1995) las variedades de maduración tardía y las variedades de uvas de mesa sólo se cultivan en zonas cálidas.

Lo anterior es concordante con lo expuesto por Hidalgo (1993), que menciona que es conveniente una diferencia marcada de temperaturas, especialmente durante la temporada de maduración de las uvas. Una lenta maduración bajo estas condiciones desarrolla aromas intensos y produce vinos finos afrutados, mientras que en zonas de periodo de maduración más corto, propios de climas cálidos y soleados, en donde no hay una amplia diferencia en temperaturas (especialmente diurna/nocturna) produce uvas azucaradas y menos ácidas que generan vinos menos elegantes.

La vid por ser un arbusto caducifolio, requiere de acumulación de un determinado número de horas frío para salir del periodo de endolatencia. Según Westwood (1982) este valor, depende de la variedad y está comprendida en el rango de 150 a 1200. En general la acumulación de horas frío, se da bajo temperaturas medias diarias inferiores a 10 ºC (Martínez de Toda, 1991). Mientras que Rivera y Devoto (2003) mencionan que estas temperaturas son inferiores a 7°C. Los requerimientos de frío en la vid son inferiores a los de la mayoría de frutales caducifolios y la acumulación depende de los factores climáticos de cada localidad. La falta de acumulación de horas frío produce brotación reducida, desuniforme y retraso en la maduración de frutos (Pinto *et al*., 2003), obligando a la aplicación de compensadores de frío, en zonas tropicales.

2.1.2 Luminosidad

La vid es una planta heliófila, que necesita luz en abundancia, Hidalgo (1993) menciona que necesita para su crecimiento entre 1.500 a 1.600 horas anuales, de las que debe corresponder a un mínimo de 1.200 horas durante el periodo de vegetación, dependiendo de la latitud del viñedo. De ahí que es necesario cultivarla en lugares en donde pueda recibir luz en mayor proporción. A medida que los cultivos se realizan más cerca del Ecuador el brillo solar durante todo el año es más constante, permitiéndole producir durante todo el año (Almanza-Merchán, 2011).

En la zona tropical, la radiación es superior a la de las zonas templadas, durante todo el año, el máximo de radiación se incrementa a medida que disminuye la declinación solar (Chaparro, 2001), debido a que el sol se encuentra perpendicular a los trópicos. El máximo promedio es de 6,41 kJ m^{-2}, y la máxima diaria es de 3,78 kJ m^{-2} (en marzo). Estos valores dependen del micro y macroclima (nubosidad, contenidos de ozono, contaminación). Por su origen y comportamiento la vid se ha clasificado como una planta de día largo.

Una de las características del fruto, es que a medida que madura sintetiza compuestos fenólicos, lo cuales se ven aumentados por la radiación UV-B (Caldwell, 1998; Borman, 1999). Ésta estimulación en climas fríos, especialmente de carotenoides, antocianos y flavonoides, favorece el sabor, color y aroma (Arakaw, 1993; Quijano Rico, 2002). En uva la síntesis de antocianinas coincide con el envero, periodo en el que la baya comienza a tomar el color característico de las variedades tintas (Winkler *et al*., 1974). En regiones cálidas los contenidos de azúcar se alcanza antes que el color por lo que se deja la fruta un tiempo más en el viñedo (Del valle *et al*., 2005). Se sabe que la fruta una vez alcanza cierto contenido de azúcar, se bloquea la síntesis de acumulación de antocianinas (Spayd *et al*., 2002). La síntesis se ve más afectada por la calidad que por la cantidad de luz incidente sobre el racimo (Del Valle *et al*., 2005).

Los racimos expuestos al sol contienen diez veces más flavonoides que los sombreados, debido a que se incrementa la concentración de los 3-glicósidos de quercetina, kaempferol y mircetina (Spayd *et al*., 2002). La luz provoca un incremento de la concentración total de antocianinas monoméricas y flavonoles, pero estas se ven

reducidas por las excesivas temperaturas absolutas que inciden sobre los racimos expuestos a la luz directa (Steyn *et al*., 2000). Estas condiciones afectan los flavonoles de la epidermis de las bayas y la concentración de los compuestos antociánicos, ya sea por degradación o inhibición de los mismos (Spayd *et al*., 2002; Del Valle *et al*., 2005).

2.1.3 Humedad

En el trópico, el cultivo de la vid está muy vinculado a las prácticas de riego ya que con la finalidad de lograr un adecuado control fitosanitario se establecen programaciones de forma tal que los ciclos de crecimiento ocurran en los periodos menos lluviosos. Bajo estas condiciones, en las principales zonas de producción, la demanda de evapotranspiración supera el volumen de precipitación y la capacidad de almacenamiento del suelo, lo que origina la necesidad de riego al menos en forma suplementaria (Pire *et al*., 1989). Los viñedos ubicados en zonas frescas y húmedas tienen menor probabilidad de presentar déficits hídricos que aquellos ubicados en zonas cálidas y secas. Las zonas húmedas, sin embargo, no han tenido éxito para el cultivo de la vid debido al continuo ataque de enfermedades fungosas.

E1 agua disponible en el suelo para las plantas oscila entre un valor máximo y un mínima, conocidos como capacidad de campo y punto de marchites permanente (Pire *et al.*, 1989). Dentro de ese rango, la tensión con que está retenida el agua aumenta a medida que la humedad disminuye, lo cual implica una menor disponibilidad del líquido en el suelo. Hagan (1955) demostró que esta disminución en la disponibilidad de agua no necesariamente conlleva a una reducción en la tasa de absorción por las plantas, hasta tanto no se alcance un valor límite o umbral crítico. De acuerdo al menor o mayor grado de superación de este valor límite, se pueden producir diferentes formas de déficits de humedad que van desde leves hasta moderados y severos (Pire *et al*., 1989).

Veihmeyer y Hendrickson (1950), citado por Pire *et al*. (1989), catalogaron a la vid como un cultivo resistente por su poder de supervivencia en condiciones de extreme sequía. Posteriormente comprobaron que el cultivo era poco afectado cuando la humedad del suelo era mantenida dentro del rango de agua útil y no se permitía que en la proximidad de las raíces se alcanzara el punto de marchites permanente

Los requerimientos de humedad en *V. vinifera* dependen de la variedad y el ciclo fenológico en que se encuentre la planta. Al respecto, Sellés *et al*. (2000) menciona que es necesario contar con un coeficiente del cultivo (Kc), que relacione la demanda evaporativa de la atmósfera y un factor que relacione esta evapotranspiración con la de la vid, a través de sus distintos periodos fenológicos. Esta investigación encontró para la variedad Red Globe los siguientes valores: durante la brotación entre 0,15 y 0,20 correspondiente a unos 15 mm de agua, en este periodo existe una intensa actividad radicular y acelerado crecimiento de tallos; durante la floración, 0,60 (10 mm de agua) en esta época el exceso de agua resulta perjudicial; de floración a cuajado de frutos son necesarios entre 40 a 100 mm, que corresponde a un Kc de 0,60 a 0,80; mientras que el mayor periodo de necesidad de agua es el comprendido entre el cuajado y el envero con 0,90 (80 a 120 mm); en la época cercana a cosecha, las lluvias son perjudiciales, las necesidades hídricas son de 20 mm (Kc de 0,50). Mientras que la humedad relativa debe estar entre 65 a 80 %. Para el caso de uva de mesa, un clima húmedo retrasa la madurez, produce uvas acuosas y de poco sabor; el medianamente seco produce uvas que se conservan mucho, y el clima seco produce uvas azucaradas y poco ácidas.

Por tanto, las zonas aptas para la viticultura tropical, son aquellas en donde se presenten dos periodos de lluvia separados por uno seco, obteniéndose hasta dos cosechas anuales, en esta circunstancia la planta puede mantenerse en crecimiento continuo, dando como resultado la posibilidad de mantener lotes en diferentes estadios de desarrollo (Quijano Rico, 2002), lo que permite la programación de cosechas. Las zonas con mayor grado de aptitud vitícola son las áridas y semiáridas donde la precipitación estén entre 750 a 1.000 mm año^{-1}, con baja humedad relativa y disponibilidad de agua de riego. Las zonas así caracterizadas presentan baja nubosidad y abundante insolación a lo largo del año, lo que favorece la maduración de las yemas, la madera y los frutos (Brancho, 1993).

2.1.4 Suelos

La vid tiene una necesidad pequeña de elementos minerales (Martínez de Toda, 1991), lo que le da la posibilidad de adaptarse con facilidad a suelos de escasa fertilidad. Sus raíces son de alta actividad y les permite absorber los elementos necesarios y actuar

como órgano de reserva. Las características físicas del suelo y los porcentajes en materia orgánica y arcilla presentan efectos en el crecimiento de las uvas, pero su vigor puede ser alterada con el portainjerto, por la fertilización, riego, poda y carga de frutos (Ryugo, 1993).

Lla vid prefiere suelos livianos, de textura media, profundos, permeables, bien drenados, con suficiente materia orgánica y buena capacidad de retención de agua (Galindo *et al*., 1996). La disponibilidad de los nutrientes para la planta está condicionada por el pH, que debe estar entre 5,5 y 6,5. En suelos muy ácidos se pueden presentar deficiencias de fósforo, calcio, magnesio, boro y molibdeno y toxicidades de aluminio, hierro y magnesio; en suelos alcalinos pueden ser igualmente deficientes fósforos y los elementos menores; en suelos mal drenados se puede presentar toxicidad de hierro, magnesio y azufre.

Las necesidades nutricionales de la vid dependen del estadio fenológico, es así como en el estadio juvenil es prioritario el nitrógeno, cuando el viñedo entra en la edad adulta las necesidades nutritivas son mayores y el efecto de la fertilización se observa en el crecimiento subsiguiente al de la cosecha actual, porque depende de las reservas acumuladas en las raíces, tronco y sarmientos (Martínez de Toda, 1991). De otra parte, Hidalgo (1993) menciona que suelos profundos y fértiles, con un adecuado contenido de agua, originan altas producciones de uva, mientras que suelos superficiales, pobres y sin reserva de agua, no permite gran desarrollo de las plantas, producen cosechas escasas aunque de mayor calidad.

Los terrenos más adecuados para el cultivo de la vid son los suelos franco arenosos, de baja fertilidad, sueltos, silíceo-calizos, profundos y pedregosos. Estas características son favorables para la producción de uvas con destino a la elaboración de vinos de calidad (Hidalgo, 1993; Reynier, 1995). Al respecto Quijano (2008a); Fregoni, (2003) y Gómez (2004) mencionan que la correlación del suelo, subsuelo, clima, variedad y factores humanos conforman el Terroir, y este a su vez, origina los indicadores de la calidad de los productos agrícolas o denominaciones de origen (DO) (Almanza-Merchán, 2011).

2.2 Fenología

La *V. vinifera* por ser una especie de zona templada requiere de variaciones estacionales bien marcadas (Santibañez *et al*., 1989) para un adecuado desarrollo fenológico. La fenología es el estudio de las distintas etapas de crecimiento de cada planta durante una temporada, y comprende el desarrollo, diferenciación e iniciación de órganos o estructuras y se refiere al estudio de fenómenos vinculados a ciertos ritmos periódicos, como por ejemplo, la brotación o floración y están relacionadas con factores medioambientales tales como luz, calor y humedad (Mullins *et al*., 1992). El correcto conocimiento de la fenología de la vid y el clima de una determinada zona tienen aplicaciones prácticas en la planificación y coordinación de las labores a efectuar en los viñedos logrando de esta forma una optimización de los recursos y un aumento de la productividad.

Reynier (1995) menciona que una planta de vid, comercialmente, produce entre 30 a 50 años y no entra en producción hasta el tercero o cuarto año de plantado (en clima tropical la producción inicia a los 18 a 20 meses después de injertada (Almanza-Merchán, 2011). Su crecimiento y desarrollo está determinada por ciclos anuales (en climas templados) y en climas tropicales por ciclos semestrales, estos ciclos son interdependientes, pues las condiciones de vegetación a lo largo de un ciclo (condiciones climáticas, manejo del viticultor), tienen una influencia marcada en los siguientes ciclos vegetativos (Reynier, 1995). La mayoría de autores (Martínez de Toda, 1991; Hidalgo, 1993; Reynier, 1995) clasifican el crecimiento de la vid en dos ciclos; el ciclo vegetativo y el ciclo reproductivo.

2.2.1 Ciclo vegetativo

Está representado por: el crecimiento y desarrollo de los órganos vegetativos (raíces, pámpanos, hojas, zarcillos, nietos, chupones), se incluye dentro de este ciclo el almacenamiento de sustancias de reserva (agostamiento) y el inicio al reposo o dormición de yemas (Reynier, 1995). Los siguientes son los principales estadios del ciclo (Rivera y Devoto, 2003):

- **Brotación.** La vid posee yemas invernantes 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).

Temperaturas bajas antes de la brotación pueden dañar la yema primaria, con pérdida de producción, pero no de crecimiento. Las variedades que tienen yemas secundarias fértiles (“Cabernet Sauvignon”, “Tokay”), reducen sólo un poco su producción en comparación con otras como “Chardonnay”, “Sauvignon Riesling” (Gil, 2000).

El efecto estimulante de los tejidos meristemáticos de las yemas en reposo se produce cuando el requerimiento de frío ha sido cumplido y las primeras temperaturas máximas sobrepasan los 20º C. Los requisitos de frío varían según la variedad, pero se estima que, de acuerdo con la variedad, entre 250 a 600 horas bajo los 7º C son suficientes para que los brotes crezcan homogéneamente y no se observe una brotación dispareja, lo que produce racimos de mala calidad y en diferente desarrollo de la madurez (Rivera y Devoto, 2003). Con el reinicio del crecimiento, las yemas pierden la resistencia a las heladas. Una vez hinchada las yemas, estas pueden dañarse con temperaturas de -2 ºC y en el estado de puntas verdes con -1º y 2º C, existiendo ya posibles daños a los 0 ºC (Santibáñez *et al*., 1989). Según Fregoni, citado por Rivera y Devoto (2003), el límite inferior aceptable es 5º C. El primer crecimiento visible desde la brotación corresponde a la extensión de los entrenudos del brote preformado en el año anterior en la yema, que en el caso de la vid pueden ser de 6 a 12 nudos (Gil, 1997).

- **Crecimiento de brotes, hojas y área foliar.** El crecimiento vegetativo de la vid se representa mediante una curva tipo sigmoidal, ya sea en el tiempo cronológico o en tiempo fisiológico (suma térmica). El control del crecimiento se debe a un cambio en el equilibrio entre estimuladores e inhibidores endógenos en respuesta al ambiente y al propio estado de desarrollo de la planta (Rivera y Devoto, 2003). La proporción de ácido indol acético (AIA) y citoquinina por sobre el ácido abcísico (ABA) y algún fenol puede regular la actividad de división celular en el ápice, especialmente al inicio de

crecimiento; el ácido giberélico, superando el efecto del ABA, sería el factor preponderante de la extensión de los entrenudos mientras que una declinación de los promotores, con aumento, o no, de ABA, estaría relacionado con el término del crecimiento (Gil, 1997).

- **Senectud y abscisión de hojas.** El envejecimiento de las hojas evoluciona desde la base del brote hacia la punta en condiciones normales. Este fenómeno es correlativo, es decir, responde a la relación con otros órganos, tejidos y el ambiente (Gil, 1997). El primer signo es la pérdida de clorofila, y luego hay pérdida de proteína, cuyos aminoácidos son exportados al brote. También hay pérdida del ARN ribosómico y finalmente muerte de las células después de un abrupto incremento de la tasa de respiración. Varias sustancias están involucradas en la senectud celular. El ácido abscísico y el etileno inhiben la síntesis de proteínas. Los radicales libres, superóxido e hidroxilo, oxidan y degradan lípidos en las membranas (Gil, 1997).

  El envejecimiento de la hoja avanza de la punta a la base de la lámina, desarrollándose sensibilidad al etileno en una capa de células del pecíolo, que se transforma en la capa de abscisión. Debajo de esta zona ocurre un mayor crecimiento celular, con síntesis y secreción de enzimas que degradan la pared de las células (Rivera y Devoto, 2003).

- **Reposo.** La entrada en reposo de las yemas axilares se produce, en climas templados, con las primeras temperaturas bajas en otoño, menores a los 7ºC. En este momento se produce una inducción de los tejidos al reposo metabólico, quedando bloqueada toda actividad inductora de crecimiento celular (Rivera y Devoto, 2003). Los niveles de humedad en las yemas bajan de un 80 a un 50%, pero durante el período de post-dormancia los niveles vuelven rápidamente a un 80% (Lavee, 1997).

  La vid no es una especie que tiene una exigencia absoluta de reposo invernal. Sin embargo, las mayores producciones y mejores calidades se presentan cuando sus meristemos han atravesado por un período invernal de reposo inducido por el frío (Rivera y Devoto, 2003). El efecto de temperaturas extremadamente altas para el rompimiento de la dormancia fue estudiado por Pouget, citado por Lavee (1997). Este

estudio señaló que aparentemente las altas temperaturas podrían prevenir el inicio de la dormancia, como ocurre en el trópico, o reemplazar el frío al activar algún mecanismo alternativo.

Terminado el reposo, la planta inicia actividad metabólica, la cual es manifestada mediante el "lloro"; este se observa como una exudación en los cortes de la poda, se hace visible como un simple goteo con duración de algunos días (Figura 2-1). Los lloros corresponden a la entrada en actividad del sistema radicular por acción de la elevación de la temperatura en el suelo (en climas templados). Se produce una activación de la respiración celular, con la consecuente absorción de agua y sustancias minerales y la transformación y movilización de sustancias de reserva (Reynier, 1995).

Figura 2-1: Lloro de la vid como manifestación de inicio de actividad metabólica.

- **Desborre.** El desborre es la primer manifestación del crecimiento vegetativo, se observa por que la yema comienza a hincharse, las escamas protectoras que las recubren se abren y aparece la borra como una yema recubierta por tejido algodonoso (Martínez, 1991). Todas las yemas de una cepa no desborran al tiempo, se fija la fecha de desborre cuando el 50% de las yemas están en el estado B de Baggiolini. Por ser una planta de crecimiento acropétalo, las yemas situadas en la parte superior de cada sarmiento desborran primero, la consecuencia de esta característica es que las yemas inferiores se retrasan en su brotación por inhibición correlativa (Reynier, 1995). Bajo condiciones de climas tropicales esta desuniformidad lleva a que el

potencial de cosecha se disminuya en calidad. Por ello la necesidad de realizar agobios de los sarmientos.

2.2.2 Ciclo reproductivo

El ciclo reproductivo ocurre simultáneamente con el ciclo vegetativo y hace referencia a la formación y desarrollo de los órganos reproductores de la vid (inflorescencia, flores, bayas y semillas) y su maduración (Salazar y Melgarejo, 2005). Por ser ciclos simultáneos, los órganos vegetativos y reproductores están en continua competencia por la utilización de sustancias nutritivas. Es así como la relación fuente vertedero influyen en la producción y calidad de la cosecha en curso y en la del ciclo siguiente.

2.2.3 Floración

La fertilidad de las yemas representa la exteriorización de su iniciación floral, resultante de la acción de factores externos e internos, ligados a la planta. La iniciación floral es el resultado de dos fenómenos distintos (Salazar y Melgarejo, 2005): el primero es la inducción floral, que es el fenómeno fisiológico que determina la diferenciación de un meristemo hacia la constitución de una inflorescencia, y el segundo es, la iniciación floral, propiamente dicha, que es el fenómeno morfológico de la diferenciación de la inflorescencia y de las flores.

Según Coombe (1995), 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. 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, de la juvenilidad, del vigor, de la nutrición, del nivel de carbohidratos, de los reguladores de crecimiento, del estrés hídrico y de los factores climáticos. La producción de citoquininas también se ve favorecida por la alta temperatura (Gil, 2000). Este tipo de fitorreguladores son inductores de la floración y la proporción de ellas con las sustancias antagónicas. Por tanto, la giberelina, determina la iniciación floral. Esta hormona es inductora de la

floración y la proporción de ella con la su antagónica, giberelina, determina la iniciación de flores.

2.2.4 Cuajado y formación del fruto

Según Coombe (1995), este estado se identifica cuando las bayas sobrepasan los 2 mm de diámetro y coincide con el momento en que el racimo está formando un ángulo de 90º con el brote. En condiciones de campo, el porcentaje total de cuajado varía de un 5 a 40% en la mayoría de los cultivares de *V. vinifera* (Ebadí, 1995). En variedades con semillas, el cuajado ocurre luego de una exitosa polinización, fertilización y del inicio del desarrollo de las semillas, las cuales pueden llegar a formarse desde una a cuatro en cada baya. El tamaño del pericarpio generalmente aumenta cuando existen más semillas. La concentración de ácido málico generalmente aumenta con el número de semillas, mientras que los azúcares, ácido tartárico, ácido cítrico y nitrógeno disminuyen (Ribereau-Gayon y Peynaud, 1960).

Hardie y Anggenbach (1996) determinaron que el desarrollo de la semilla depende de diferencias entre las temporadas de crecimiento, diferencias del lugar de crecimiento, origen clonal, riego durante y después de floración y cambios importantes que influyan en sistemas de conducción, poda y manejo de la canopia. Ebadi (1995) menciona que la fertilización ocurre 24 horas luego de la floración en condiciones de campo.

Los factores climáticos influyen significativamente el cuajado de frutos. Debido a la inhibición del crecimiento del tubo polínico y al del desarrollo del óvulo, el cuajado disminuye significativamente con temperaturas inferiores a 18,3 ºC y superiores a 37,8 ºC. Bajas temperaturas, lluvias y alta humedad imposibilitan el desprendimiento de las caliptras. Además, las lluvias diluyen los fluidos del estigma lo que perjudica la adhesión de los granos de polen. La intensidad de luz es otro factor que influye en el porcentaje del cuajado. Ebadí *et al*. (1996), quienes estudiaron el efecto de la temperatura y sombra sobre la floración, demostraron que el sombreamiento disminuye el porcentaje de frutos cuajados.

La abscisión de flores y frutos pequeños se inicia normalmente con la floración y finaliza dos semanas luego de la floración. La zona de abscisión es la base de cada pedicelo

floral. Un factor importante en la caída de frutos es el etileno que actúa en la zona de abscisión estimulando la síntesis de hidrolasas. El ACC (1-ácido aminociclopropano-1-carboxílico), un precursor metabólico del etileno, también provoca la abscisión de frutos (Bessis *et al*., 2000).

2.2.5 Crecimiento, desarrollo y madurez del fruto

El peso de las bayas 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 desarrollo de las bayas empieza con la polinización y continúa hasta el estado de madurez (Salazar y Melgarejo, 2005).

El desarrollo de las bayas empieza con la polinización (25 días después de polinización (DDP) en variedades de mesa en el Valle del Cauca, 50 para vino en Boyacá) y continúa hasta la madurez (120 DDP variedades de mesa, 200 para vino), Salazar y Melgarejo (2005) y Almanza (2008) mencionan que este puede ir hasta la sobremadurez en variedades destinadas para vinos y pasa, pasando por el envero (80 DDP variedades de mesa, 150 para vino). 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, es clave para la poscosecha en variedades de mesa, y para la elaboración de vinos de calidad (Almanza, 2008; Almanza y Balaguera-López, 2009; Almanza-Merchán, 2011).

El crecimiento de los frutos de la vid se efectúa mediante una curva doble sigmoide y se puede representar mediante el comportamiento de la masa seca. En esta curva se observan las diferentes fases de crecimiento y desarrollo del fruto, las cuales se describen a continuación:

Etapa verde o herbáceo: va desde la formación del grano o estadio 73 de la escala BBCH (tamaño perdigón), hasta el envero (cambio de color de verde a rojo, en variedades tintas o a amarillo, en variedades blancas). El aumento de tamaño es rápido, especialmente el de la semilla. La acidez es alta y las bayas son duras. La uva verde, sin madurar, contiene una gran carga de ácidos tartáricos, málicos y, en menor medida, cítricos. El contenido de estas sustancias dependerá en gran medida del tipo de variedad de la que procede y de las condiciones edafoclimáticas, ya que luz, temperatura y humedad van a ser decisivas en la conformación de los ácidos orgánicos, importantes en la calidad organoléptica en uvas de mesa y en la estabilidad microbiológica en uvas para elaboración de vino. En esta etapa la uva se comporta como un órgano fotosintetizante (Salazar y Melgarejo, 2005).

Envero: El momento en que la uva cambia de color recibe el nombre de envero. Durante el proceso de maduración de la uva, los ácidos van cediendo terreno a los azúcares procedentes de la actividad fotosintética ejercida por las hojas. Los troncos de la cepa también contribuyen al dulzor de la uva, ya que actúan como acumuladores de azúcares (Martínez de Toda, 1991). Debido a esta razón, las vides viejas son capaces de proporcionar un fruto más regular y una calidad más constante. El envero ocurre en la última fase de crecimiento herbáceo de la baya. El comportamiento de la variedad Pinot noir, bajo condiciones de clima frío tropical, el envero tuvo una duración de 14 días y se caracterizó por un cambio gradual de color de verde a rojo, a la degradación de clorofila y síntesis de antocianos (Almanza y Balaguera-López, 2009).

Etapa de maduración: se realiza el desdoblamiento de los ácidos orgánicos, se inicia desde el envero hasta la madurez organoléptica. Durante esta etapa el fruto adquiere el color característico, sigue engrosando y se comporta como un órgano de trasformación (Salazar y Melgarejo, 2005). Según Glories (1975), las temperaturas elevadas tienen un efecto negativo en esta etapa, porque por acción de la respiración se consumen azúcares y ácidos orgánicos, mientras que la iluminación directa sobre los frutos, las favorece por mayor síntesis de polifenoles.

Esta etapa se caracteriza por que la fruta ha terminado su crecimiento y ha adquirido todas sus características fisicoquímicas y organolépticas, para ser consumida. Martínez de Toda (1991) menciona que desde el momento en que el fruto alcanza la maduración

no hay enriquecimiento fisiológico de azúcares. En climas tropicales ocurre lo contrario, porque la planta no cesa del todo su crecimiento y la fotosíntesis continúa hasta la caída de la hoja con una disminución progresiva hasta la senectud. Un problema que se presenta bajo condiciones tropicales es la falta de uniformidad en la coloración de la epidermis del fruto. Algunos viticultores al final de la maduración emplean ethephon para homogenizar el color.

La madurez ideal debe definirse para cada zona vitícola, inclusive para cada viñedo, en función de los objetivos técnico-comerciales y del mercado, y con ella determinar la fecha de vendimia. Según los objetivos, Salazar y Melgarejo (2005) definen los siguientes tipos de maduración: maduración fisiológica, cuando las semillas son capaces de germinar adecuadamente, el color de las semillas pueden usarse como referencia e indicador del envero; maduración vitícola, se caracteriza por que la cepa deja de crecer y cesa la competencia de los brotes por asimilados, dirigiéndose preferiblemente hacia los frutos y ramas, tronco y raíces como sustancia de reserva; maduración fenológica, se presenta cuando ha terminado el ciclo fenológico de las cepas, la duración depende del cultivar y condiciones climáticas; maduración enológica, momento en el cual los frutos permiten que se obtengan vinos de calidad, depende del tipo de vino que se desee; maduración fenólica, se emplea en cultivares tintos y permite determinar el momento de vendimia basándose en contenidos de antocianos, y taninos, está relacionada con la extractabilidad real de color, sabor y aroma de los vinos y su aptitud para envejecimiento.

Etapa de sobremaduración: durante este periodo la uva se pacifica, pierde agua por deshidratación y su composición química evoluciona y es muy sensible al ataque de patógenos (Navarrete, 2003). El desarrollo del fruto está condicionado por el clima, la nutrición, el riego, las prácticas de cultivo y la fertilidad de las cepas (Salazar y Melgarejo, 2005).

Para facilitar el estudio de la fenología se han propuesto diferentes escalas fenológicas. Martínez de toda (1991) menciona que Baggiolini propuso una escala clasificada por letras que va desde el estado A (yema de invierno) hasta el estado J (cuajado de fruto). Actualmente la más utilizada es la escala descriptiva de la BBCH (Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt Chemise), de los Estados Fenológicos de Desarrollo de

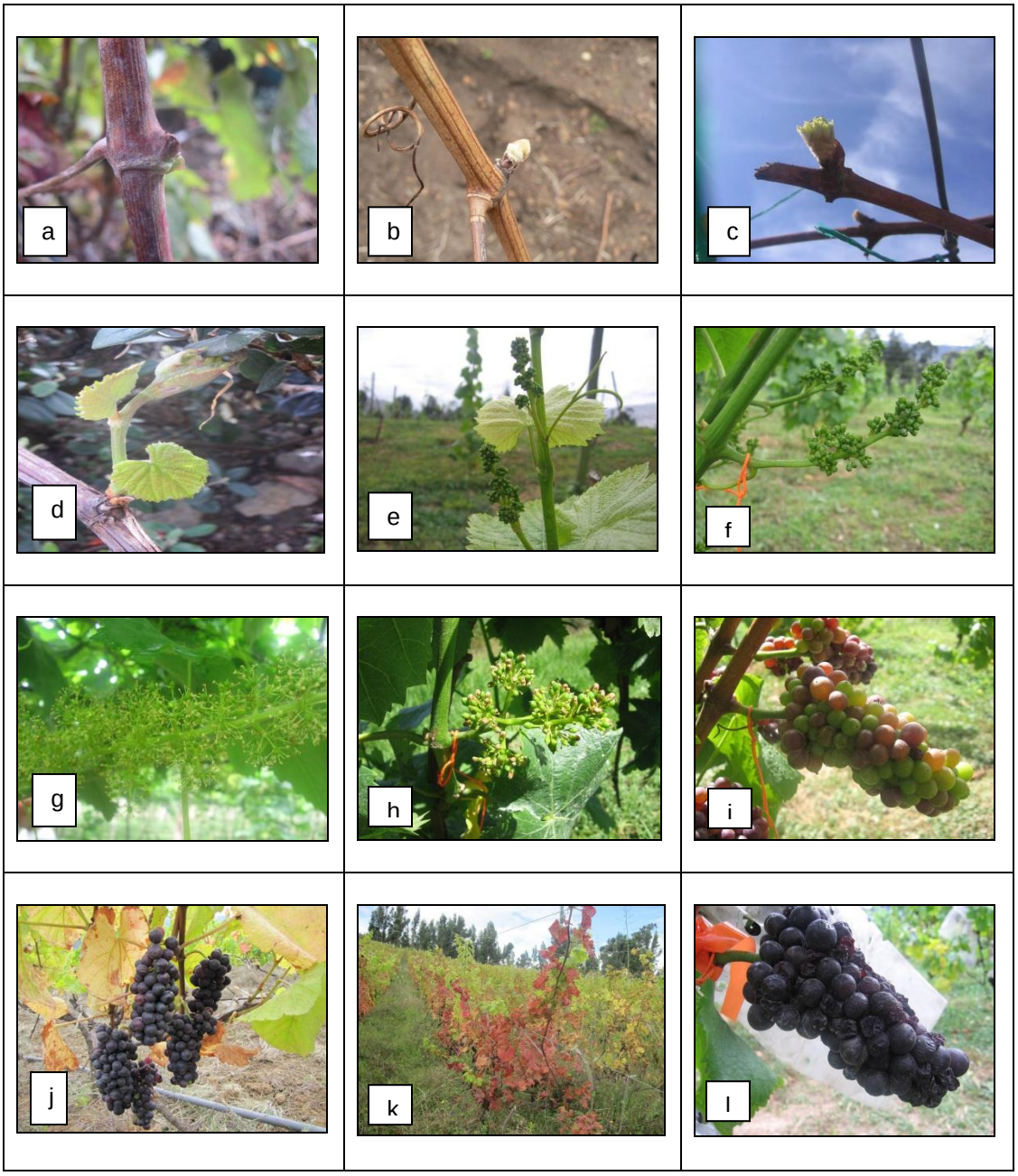
la vid (*Vitis vinifera* L. ssp. *Vinifera*) propuesta por Lorenz *et al*. (1994; Tabla 2-1). En las figuras 2-2a a 2-2l se muestran los estadios fenológicos tradicionales de Baggiolini y su equivalencia con la notación decimal de la escala de la BBCH. Las notaciones utilizadas son las siguientes:

EF: Estadio fenológico.
00, 05, 07, 11, etc: notación decimal de la escala BBCH.
A, B, C, D, etc: notación fenológica tradicional de Baggiolini.

Tabla 2-1: Codificación BBCH de los estadios fenológicos de desarrollo de la vid. (Lorenz *et al.,* 1994).

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
Estadio Principal 0. Brotación	
00.	Letargo. Las yemas de invierno, de puntiagudas a redondeadas, marrón brillante u
01.	Comienzo del hinchado de las yemas. Los botones empiezan a hincharse dentro de
03.	Fin del hinchado de las yemas. Yemas, hinchadas, pero no verdes
05.	"Estadio lanoso". Lana marrón, claramente visible
07.	Comienzo de la apertura de las yemas. Ápices foliares verdes, apenas visibles
09.	Apertura de las yemas. Ápices foliares claramente visibles
Estadio Principal 1. Desarrollo de hojas	
11.	Primera hoja, desplegada y fuera del brote
12.	2 hojas desplegadas
13.	3 hojas desplegadas. Los estadios continúan hasta…
19.	9 hojas desplegadas
Estadio Principal 5. Aparición del Órgano Floral	
53.	Inflorescencias claramente visibles
55.	Inflorescencias hinchándose. Las flores apretadas entre sí
57.	Inflorescencias desarrolladas completamente; flores separándose
Estadio Principal 6. Floración	
60.	Primeros capuchones florales separados del receptáculo
61.	Comienzo de floración. Alrededor de 10% de capuchones caídos
62.	Alrededor de 20% de capuchones caídos
63.	Floración temprana. Alrededor de 30% de capuchones caídos
65.	Alrededor de 50% de capuchones caídos
68.	Alrededor de 80% de capuchones caídos
69.	Fin de la floración
Estadio Principal 7. Formación del Fruto	
71.	Cuajado de frutos. Los frutos jóvenes comienzan a hincharse
73.	Bayas tamaño perdigón, los racimos comienzan a pender
75.	Bayas tamaño guisante (arveja). Racimos colgantes
77.	Las bayas comienzan a tocarse
79.	Todas las bayas del racimo se tocan
Estadio Principal 8. Maduración de Frutos	
81.	Comienzo de la maduración. Las bayas comienzan a madurar
83.	Bayas permanecen brillantes
85.	Bayas blandas. Comienza el ablandamiento de las bayas
89.	Fin de maduración. Bayas listas para recolectarse
Estadio Principal 9. Comienzo del Reposo Vegetativo	
91.	Después de la vendimia; fin de la maduración de la madera
92.	Comienzo de la decoloración foliar
93.	Comienzo de la caída de las hojas
95.	Alrededor de 50 % de las hojas caídas
97.	Fin de la caída de las hojas

Figura 2-2: Estadios fenológicos de Baggiolini para el fruto de *Vitis vinifera* L. a). EF 00/A. Yema aguda con escamas (yema de invierno); b). EF 03/B. Yema hinchada con aspecto algodonoso (borra); c). EF 07/C. Yema visible (punta verde, salida de hojas); d). EF. 12/D. Desarrollo de hojas (dos hojas desplegadas); e). EF. 61/F. Racimos visibles, separados e iniciando floración; f). EF. 65/H. Botones florales; g). EF.69/I. Floración; h). EF 73/ J. Cuajado de fruto; i). EF 81. Comienzo de la maduración (envero en Pinot Noir); j). EF 89. Frutos maduros de Pinot Noir y listos para cosecha; k). EF 92. Inicio de decoloración foliar y caída de hojas; l). Sobremaduración en uva Pinot Noir.



2.3 Bibliografía (Introducción, capítulos 2 y 3)

Agarwal, C., R. Singh y R. Agarwal. 2002. Grape seed extract induces apoptotic death of human prostate carcinoma DU145 cells via caspases activation accompanied dissipation of mitochondrial membranse potential and cytochrome c release. Carcinogénesis 23(11), 1869-1876.

Agronet. 2008. Uva. En: http://agronet.gov.co; consulta: diciembre, 2009.

Agronet. 2009. Uva. En: http://agronet.gov.co; consulta: diciembre, 2010.

Almanza, P. 2000. Propagación. pp. 27-40. En: Flórez, V.J., G. Fischer y A.D. Sora (eds.). 2000. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 175 p.

Almanza, P. 2008. Evolución de parámetros fisicoquímicos durante la maduración de frutos de *Vitis vinifera* L. trabajo para ascenso en el escalafón. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 38 p.

Almanza, P. M. Quijano-Rico, G. Fischer, B. Chaves y H. Balaguera-López. 2010. Physicochemical characterization of 'Pinot Noir' grapevine (*Vitis vinifera* L.) fruit during its growth and development under high altitude tropical conditions. Agronomía Colombiana 28(2), 173-180.

Almanza-Merchán, P. 2011. El cultivo de la vid (*Vitis vinifera* L.) En: Manual de frutales. Tomo 2. Editor: G. Fischer. Ed. Produmedios. (En imprenta).

Antonacci, D., J. Ramos y J. Dalla. 2001. Infuenza della disponibilitá termica sulle manifestación fenologiche della vite in diverse aree di produzione dei due emisferi. Frutticoltura e di ortofloricoltura 63(12), 65- 72.

Azcón-Bieto y M. Talón. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Segunda edición. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

Bessis, R., N. Charpentier, C. Hilt y J. Fournioux. 2000. Grapevine fruit set: Physiology of the abscission zone. Australian Journal of Grape and Wine Research 6,125-130.

Buttrose, M.S. 1974. Climatic factors and fruitfulness in grapevines. Horticultural Abstracts 44 (6).

Champagnol, F. 1984. Elements de physiliogie de la vigne et de viticulture general. Ed. Dehan, Monpellier, Francia.

Chauvet, A. y A. Reynier. 1984. Manual de Viticultura. Mundi-Prensa. Madrid. 279 pp.

Cid, N., J. Boursiquot M. SAA y L. Romani. 1994. “Différenciation des cépages autochtones du nord-ouest de l´Espagne (Galice) et élaboration d´une clé de détermination basée sur l´ampélométrie”. Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin. 28 (1), 1-17.

Columela, L. 1959. De re rustica. Traducc. C.J. Castro como Los doce libros de agricultura Vol III. Cap. II. Editorial Iberia, Barcelona. pp. 81-86.

Coombe, B. 1995. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. Australian Journal of Grape and Wine Research 1,100-110.

Craig, W. 1997. Phytochemicals: Guardians of our health. J. Am. Diet. Assoc. 97 (Suppl. 2), S199-S204.

Cravero, M. C., S. Guidoni, A. Schneider y R. Di Stefano. 1994. “Caractérisation variétale de cépages musqués à raisin coloré au moyen de paramètres ampélographiques descriptifs et biochimiques”. Vitis 33, 75-80.

Del Valle, G., A. González y R. Báez. 2005. Antocianinas en uva Vitis vinifera L. y su relación con el color. Rev. Fitotec. Mex. 28(4), 359-368.

Disegna, E., A. Coniberti y E. Dellacassa. 2005. Medición de área foliar de la vid: una herramienta para producir vinos de calidad. INIA Montevideo, Uruguay. 4,18 -20.

Duque, M. C y F. Yáñez. 2005. Origen, historia y evolución del cultivo de la vid. Instituto de la vid y del vino de Castilla-La mancha. IVICAM. Toledo, España. Enólogos, 38.

Duque, Mª C. y F. Yáñez. 1994. Colección ampelográfica de patrones y variedades de vid de Castilla-La Mancha. Consej. Agric. y Medio Ambiente. Direcc. General de Cooperativismo y Desarrollo Agrario. Servicio de Investig. y Experim. Agrario. Toledo. Serie: área de cultivos leñosos. nº 5. 72 p.

Ebadi, A., B. Coombe y P. May. 1996. Effect of short-term temperature and shading on fruitset, seed and berry development in model vines of V. vinifera, cvs Chardonnay and Shiraz. Australian Journal of Grape and Wine Research 2, 2-9.

Ebadi, A., P. May, M. Sedgley y B. Coombe. 1995. Effect of low temperature near flowering time on ovule development and pollen tube growth in the grapevine (*Vitis vinifera* L.), cvs Chardonnay and Shiraz. Australian Journal of Grape and Wine Research 1, 11-18.

Enjalbert, H. 1975. Historie de la vigne et du vin. L`avènement de la qualité. Editorial Bordás, París. pp. 11- 22.

FAO. 2010. FAOSTSTAT. Área cosechada, producción y rendimiento de uva. En: http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor; consulta: abril de 2011.

Ferrer, M., A. Montaña, G. González-Neves, E. Priore y A. Carbonneau. 2007. Estudio de la influencia de la arquitectura de la planta en el estado hídrico y su incidencia sobre el rendimiento, la expresión vegetativa y los indicadores fisiológicos de *Vitis vinifera* L. cv. Merlot. En: Actas XI Congreso Latin. de Vitic. y Enol., Mendoza

Fregoni, M. 2005a. La geografia mondiale delle uve da tavola. L'Informatore Agrario 48: Supplemento n.1 Uva da tavola, 11-14.

Fregoni, M. 2005b. Viticoltura di qualità. Tecniche Nuove, Milano, Italia.

Fregoni, M. 2007. Viticultura y cambio climático. Revista Enología 2, 1-9.

Fregoni, M., D. Schuster y A. Paoletti. 2003. terroir, zonazione e viticultura. Trattato internazionale. Phytoline ed. Verona, Italia. 430 p.

Galindo, J. y J. Toro. 1995. Manejo integrado de las enfermedades de importancia económica de la vid en Colombia, p.47. En: memorias XVI Congreso de Fitopatología, ASCOLFI. Medellín,

García, M. E. 1993. Caracterización ampelográfica química y bioquímica de las selecciones clonales - sanitarias de los cultivares vitícolas Bobal y Roseti. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España. 544 p.

Gil, G. 1997. Fruticultura: el potencial productivo. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 342 p.

Gil, G. 2000. Fruticultura: la producción de fruta. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 582 p.

Gómez, F. 2004. Zonificación. Terroir y la Denominación de Origen, en el fortalecimiento de los campesinos viticultores del valle del sol. Cultura Científica 2, 15-25.

González-Neves, G. y M. Ferrer. 2008. Efectos del sistema de conducción y del raleo de racimos en la composición de uvas Merlot. Agrociencia 22(2), 10-18.

Hagan, R. 1955. Factors affecting soil moistureplant growth relations. 14 Int. Hort. Congr. pp. 82-102.

Hardie, W. y S. Aggenbach. 1996. Effects of site, season and viticultural practices on grape seed development. Australian Journal of Grape and Wine Research 2, 21-24.

Henao, E. 2004. La finca vitivinícola Guananí: reto y pasión de un empresario. Trabajo de grado. Administración de empresas turísticas y hoteleras. Univ. Externado de Colombia, Bogotá, 98 p.

Hidalgo, L. 1993. Tratado de viticultura general. 1 ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 984 p.

Hidalgo, L. 1999. Tratado de viticultura general. 2ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, pp. 96-102.

Hidalgo, L. 2002. Tratado de viticultura general. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Infoagro, 2011. El cultivo de la vid. En: http://www.infoagro.com/viticultura/vinas.htm; consulta: mayo de 2011.

Jones, G.R. y E. Davis. 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. Am. J. Enol. Vitic. 51(3), 249-261.

Katerji, N., F. Daudet, A. Carbonneau y N. Ollat. 1994. Etude à l'échelle de la plante entière du fonctionnement hydrique et photosynthétique de la vigne: comparación des systèmes de conduite traditionnel et en lyre. Vitis 33, 197-203

Keevil, J., H. Osman, J. Reed y J. Folts. 2000. Grape juice, but not orange juice or grapefruit juice, inhibit platelet aggregation. J. Nutr. 130(1), 53-56.

Koide, T., H. Kamei, Y. Hashimoto, T. Kojima y M. Hasegawa. 1996. Antitumor effect of hydrolyzed anthocyanin from grape rinds and red rice. Cancer. Biother. Radiopharm. 11(4), 273-277.

Lavee, S y P. May. 1997. Dormancy of grapevine buds-facts and speculation. Australian Journal of Grape and Wine Research 3, 31-46.

Lavin, A., A. Gutierrez y M. Rojas. 2001. Niveles de carga en viñedos jóvenes de cv. Chardonnay y sus efectos sobre producción y calidad del vino. Agricultura técnica. 61(1), 26-34.

Lorenz, D. H., K. W. Eichhorn, H. Blei-Holder, R. Klose, U. Meier und E. Weber, 1994: Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*). Vitic. Enol. Sci. 49, 66-70.

Marqués de Villa de Leyva. 2010. Vinos finos del trópico. En: http://www.marquesvl.com. Consulta: enero de 2011.

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

Martínez de Toda, F. y J. Sancha. 1997. Caractérisation ampélographique des cultivars rouges de *Vitis vinifera* L. conservés en Rioja. Bulletin de L´OIV (793-794), 221-234.

Mathon, C. 1993. L´origine des plantes cultivées. Phytogéographie appliquée. Ed. Masson, París. pp. 109-124.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MAPA), 2008. Variedades de vid. En:http://www.mapa.es/app/exposiciones/vid/www/imagenes/variedades_uva_listado.html; consulta: noviembre de 2008.

Moreiras, O., A. Carvajal, L. Cabrera y M. Cuadrado. 2001. Tablas de Composición de Alimentos. Ediciones Pirámide. Madrid. 328 p.

Mullins, M., A. Bouquet y L.E. Williams. 1992. The structure of the grapevine: vegetative and reproductive anatomy. In: Biology of the grapevine. Cambridge University Press Cambridge. 239 p.

Navarrete, O. 2003. Deshidratación prematura de bayas de *Vitis vinifera* L. Merlot efecto de la disminución del área foliar y aplicación de un antitranspirante. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Universidad de Talca, Chile. 48 p.

Navarro, O. 2008. Charlas sobre vinos: La viticultura en América. En: http://charlassobrevinos.blogspot.com/2008/07/.html; consulta: enero de 2011.

OIV, 1992. Liste des synonymes des cépages de cuve. Groupe de Réglementation du vin et contrôle de la qualité. Paris. 72 p.

Oliveira, M. 1998. Calculation of budbreak and flowering base temperatures for *Vitis vinifera* cv. Toriga Francesa in the Douro region of Portugal. Am. J. Enol. Vitic. 49 (1), 74 - 78

Olmedilla, B., F. Granado, I. Blanco, E. Gil-Martínez y E. Rojas-Hidalgo. 2001. Composición en carotenoides y en equivalentes de retinol de verduras, hortalizas y frutas -crudas y cocidas- por 100 g de porción comestible. En: Tablas de Composición de Alimentos. Moreiras O, A. Carvajal, L. Cabrera y M. Cuadrado (eds.). Ediciones Pirámide, Madrid. 245 p.

Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). 2005. Situación del sector vitivinícola mundial EN: http://news.reseau-concept.net/images/oiv_es/client/ Commentaire_Statistiques_2005_ES.pdf.; consulta: octubre de 2008.

Pinto, M., W. Lira, H. Ugalde y F. Pérez. 2003. Fisiología de la latencia de yemas de vid. Hipótesis actuales. pp. 17. En: http://agronomia.uchile.cl/extension/serviciosy

productos/pdf.; consulta: septiembre de 2008.

Piña, S. y D. Bautista. 2004. Ciclo fenológico de cultivares de Vid (Vitis vinifera L.) para mesa en condiciones tropicales. Bioagro, 16(1),9-16.

Pire, R., E. Tortolero, Y. de Fréitez y M. de Pire. 1989. El riego de la vid (Vitis vinifera L.) en Tocuyo, Estado Lara. I. Relaciones suelo-agua. Agronomía Tropical. 38(1-3): 135-154.

Quijano, M. 2004. Ecología de una conexión solar. De la adoración del sol al desarrollo vitivinícola regional. Hace 20 años llegaron las primeras cepas. Cultura Científica, 2, 5-9.

Quijano, M. 2008. El Viñedo y Caba Loma de Puntalarga. El primer "CRU" tropical. Historia. En: http://boyaca.homestead.com/historiavinos.html.; consulta: diciembre de 2008.

Quijano, M. A. 2006. Investigación e innovación. Promoción y defensa del "terroir" regional. Cultura científica 4, 35-41.

Reynier, A. 1995. Manual de viticultura. Mundi-Prensa. Madrid, 407 p.

Ribereau-Gayon, J. and E. Peynaud.1960. Traité d`Oenologie. Vol. 1(Dunod:Paris).

Rivera, C. y L. Devoto. 2003. Desarrollo Fenológico de 20 clones de *Vitis vinífera* Bloque Fundación Vivero AgroUC, Pirque. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. 72 p. Santiago.

Rodríguez, W. y V. Flórez. 2006. Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de la temperatura. Agron. Colomb. 24(2), 247-257.

Roemer, K. y M. Mahyar-Roemer. 2002. The basis for the chemopreventive action of resveratrol. Drugs. Today (Barc). 38(8),571-580.

Ryugo, K. 1993. Fruticultura. Ciencia y Arte: cosechas de enredaderas y arbustos frutales. Editorial AGT México, 520 p.

Sabogal, H. 2007. Guía del vino Colombia 2008. Legis. S. A. 270 p.

Salazar, D. y P. Melgarejo. 2005. Viticultura. Técnicas de cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos. MundiPrensa, Madrid. 325 p.

Salisbury, F. y C. Ross. 2000. Fisiología de plantas 3. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Paraninfo, Madrid, España. 988p

Santibañez, F., F. Díaz, C. Gaete, S. Daneri y D. Daneri. 1989. Agroclimatología y zonificación de la región vitivinícola chilena: Bases para la denominación de

origen de los vinos. Boletín 48. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Santiago.

Sellés, G., E. Ferreira, e I. Sellés. 2000. Riego. pp. 145-166. En: Valenzuela, J. (ed.). Uva de mesa en chile. Editorial Instituto de investigaciones agropecuarias (INIA), Santiago de Chile. 338 p.

Souza, P.R. 1990. Algunos aspectos de influência do clima e temperatura sobre a cultura do arroz irrigado no sul de Brasil. Lavoura Arrozeira 43, 9-11

Spayd, S., J. Tarara, D. Mee y J. Ferguson. 2002. Separation of sunlight and temperature effects of composition of *Vitis vinifera* cv Merlot berries. Am. J.Enol. Vitic. 37: 171-182.

Stenzel, N.M.C., C.S.V.J. Neves, C.J. Marur, M.B.d.S. Scholz y J.C. Gomes. 2006. Maturations curves and degree-days accumulation for fruits of 'Folha Murcha' organge trees. Sci. Agric. 63(3), 219-225

Steyn, W., D. Holcroft, S. Wand, N. Cooks y G. Jacobs. 2000. Dating Rosemarie: How to make her blush?. pp. 55-62. Proceedings of the cape pomological association symposium. South Africa.

Tesic, T., D.J. Woolley, E.W. Hewett y D.J. Martin. 2002. Environmental effects on cv. Cabernet Sauvignon (Vitis vinifera L.) grown in Hawke´s Bay, New Zealand. I.. Phenology and characterization of viticultural environments. Australian J. Grape Wine Res. 8(1),15-26.

Tessier, C., J. David, P. This, J. Boursiqot y A. Charrier. 1999. Optimization of the choice of molecular markers for varietal identification in Vitis vinifera L. Theor. Appl. Genet. 98, 171-177.

Toro, J. 1996. Como provocar una brotación uniforme. pp.15-16. En: Galindo, J., J. Toro y A. García (eds.). Manejo técnico del cultivo de la vid en el Valle del Cauca. Ceniuva, Colciencias, Bogotá.

Toro, J. y R. García. 2003. Zonificación y especialización frutícola del Valle del Cauca. En: http://sisav.valledelcauca.gov.co/index.php.; consulta: Noviembre de 2008.

USDA. 2002. Nacional Nutrient Database for Standard Referente, Release 15.

Veihmeyer, F. and A. Hendrickson. 1950. Responses of fruit trees and vines to soil moisture. Am. Soc. Hort. Sci. Proc. 55,11-15.

Villaseca, S., R. Novoa e I.Muñoz. 1986. Fenología y sumas de temperatura en variedades de vid. Agricultura Técnica 46, 63 – 67.

Westwood, M. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Editorial. Mundi Prensa, Madrid. 461 p.

Wilson, L. y Barnett, W. 1983. Degree-days, an aid in crop and pest management. California Agricultura 37 (1-2), 47.

Winkler, A., J. Cook, M. Kliewer y L. Lider. 1974. General viticulture. University of California Press. USA. 709p.

3. Determinación de los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones del altiplano tropical en Boyacá*

Pedro José Almanza-Merchán y Helber Enrique Balaguera López

3.1 Resumen

En el manejo agronómico de la vid es importante el conocimiento de la fenología del fruto para establecer el momento óptimo de la vendimia, y con ello, realizar un manejo adecuado del cultivo, que conduzca a la obtención de vino de calidad. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar el comportamiento de los estadios fenológicos del fruto a partir de algunos parámetros fisicoquímicos, de la variedad clonal de vid, Pinot Noir, cultivada bajo las condiciones de clima frío tropical en la Loma de Puntalarga, Nobsa, Boyacá. Se escogieron, 51 plantas completamente al azar. Semanalmente, se cosecharon tres racimos (uno por planta), se tomaron 20 frutos por racimo, estos se recolectaron aleatoriamente desde el día 28 después de la antesis (dda) hasta completar el desarrollo total del fruto (140 dda), tiempo durante el cual se midieron parámetros físicos y químicos del fruto. Las masas fresca y seca siguieron una curva doble sigmoide, donde la fase herbácea tuvo una duración de 63 días, el envero de 14 días, la maduración 42 días y la sobre maduración 21 días. El pH, los sólidos solubles totales y el índice de madurez ascendieron con el desarrollo del fruto, mientras que la acidez total titulable descendió. La cosecha debe realizarse a los 126dda, pues el balance entre los sólidos solubles y la acidez son adecuados para la elaboración de vinos de calidad,

*Publicado en la Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica 12(1), 141-150, 2009.

además, la pérdida de masa fresca y seca por efecto de la sobremaduración es mínima, lo cual favorece tanto al productor de vino como al viticultor.

Palabras clave: vino, uva, herbáceo, envero, maduración, sobremaduración

3.2 Summary

Knowledge of the fruit phenology is important to winegrower and winemarker to make a proper handling of the crop and to obtain the best quality wines. The objective of this study was to evaluate the behaviour of phenological stages of the fruit depending some physiochemical parameters of the clonal variety to wine, Pinot Noir, cultivated under conditions of weather tropical cold in the “Loma de Puntalarga” in Nobsa, Boyaca. It was necessary to take 51 plants completely at random. Weekly were harvested three clusters (one per plant), took 20 fruits per bunch, these were chosen randomly from day 28 after anthesis (dda) to complete the total development of the fruit (140 dda), during which time measured physical and chemical parameters of the fruit. The fresh and dry weight followed a double sigmoid curve, where the herbaceous phase lasted 63 days, the veraison of 14 days, 42 days of maturing and over maturing 21 days. The pH, soluble solids and the maturity index increased with the fruit development, while the total acidity decreased. Harvesting should be done to 126dda, because the balance between soluble solids and total acidity are suitable for making quality wines, also at this time, the loss of fresh and dry mass by effect of overmaturing is minimal, which benefits both the wine producer and grape producer.

Key words: Wine, grape, herbaceous, veraison, maturing, overmaturing.

3.3 Introducción

La vid (*Vitis vinifera* L.), es una especie originaria de la zona templada del Asia occidental, en donde produce una cosecha al año. La vid se cultiva en los cinco continentes: Europa cuenta con 4.900.000ha; Asia con 1.727.000ha; América con 967.000ha; África con 395.000ha y Oceanía con 192.000ha. En América, Chile cuenta con 191.000ha, Argentina con 219.000ha, Brasil con 78.000ha, Perú y Uruguay con 11.000ha cada uno (OIV, 2005).

En Colombia bajo condiciones de clima frío tropical, los principales productores de vid se encuentran en el departamento de Boyacá en altitudes entre 2.200 hasta 2.560 msnm donde esta especie se ha cultivado durante los últimos 24 años, lográndose hasta dos cosechas al año, gracias a la intervención del hombre y a las condiciones agroclimáticas. En este departamento, a través del consorcio “Sol de oro”, 64 viticultores, cultivan uva con destino a la producción de vinos. En el viñedo situado en la Loma de Punta Larga, desde 1984, se cuenta con un centro experimental, donde se realiza investigación en cultivares procedentes de Geisenheim, Alemania y Borgoña, Francia (Quijano, 2004).

Jones y Davis (2000) señalan que el desarrollo de la vid ocurre como un efecto directo del clima y puede ser descrito a través de los eventos fenológicos, entendiéndose que la fenología de un sistema de cultivo es importante para determinar la capacidad de una zona o región para producir cosechas dentro del esquema de su régimen climático. El tiempo entre estadios fenológicos varía con el cultivar, con el clima y con la localización geográfica (Jones y Davis, 2000; Tesic *et al*. 2002). El conocimiento de los estadios fenológicos de cultivares de vid en diferentes zonas puede permitir el establecimiento de su capacidad adaptativa y potencial de producción (Piña y Bautista, 2004).

El comportamiento de los estadios fenológicos del fruto de la vid está bien determinado para las variedades cultivadas en la zona templada, estos son: período herbáceo que se caracteriza porque la baya es de color verde y dura, comienza a engrosar y se comporta como un órgano fuente por su capacidad fotosintética. Se extiende desde la formación del fruto hasta el envero. Durante esta etapa el cambio principal se manifiesta por un rápido aumento en el tamaño del fruto, consecuencia de la división celular (Reynier, 1995; Hidalgo, 1993).

Terminada esta fase, se presenta el envero que tiene una duración de algunos días a varias semanas. Este estado se caracteriza por una leve detención del crecimiento, y por el cambio de color de la epidermis, que pasa del verde al color característico de la variedad. La semilla alcanza su tamaño máximo y madurez fisiológica, se da inicio a síntesis de pectinas, las cuales a través del crecimiento del fruto son solubilizadas (Ribereau-Gayon *et al*., 1998; Winkler *et al*., 1974).

Durante el periodo de maduración, la composición de la baya cambia (Coombe y McCarthy, 2000), se observa un cambio en el color, engrosa de nuevo y se comporta como un órgano de transformación y, sobre todo, de almacenamiento. La maduración de la uva la convierte en un almacén de reservas que en parte preponderante y en última instancia proviene de la sabia elaborada por los órganos verdes, regida también por las condiciones de calor y luz que en conjunto condicionan la calidad de la cosecha (Hidalgo, 1993).

Por último está el periodo de sobremaduración, que se caracteriza porque el fruto pierde agua por transpiración. No hay acumulación complementaria de azúcar y la acidez disminuye, perdiéndose calidad en los vinos (Reynier, 1995; Winkler, 1948). Sin embargo, grandes vinos se hacen con sobre maduración, sin tener que ajustar la acidez. Bajo las condiciones del trópico alto no se ha determinado la duración y los cambios fisicoquímicos en cada periodo o estadio fenológico del fruto de uva, que permitan un manejo adecuado del cultivo y un punto óptimo de cosecha, para obtener vinos de alta calidad.

Además, la composición de la uva para vinificación, y por consiguiente la calidad que se puede apreciar en el vino obtenido, viene determinada por factores bióticos, abióticos y culturales. En condiciones tropicales, el factor climático es importante a la hora de decidir la programación de cosechas de vid. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar los estadios fenológicos del fruto de la variedad clonal de vid, Pinot Noir, para obtener frutos de excelente valor agronómico para elaboración de vinos de calidad cultivada bajo las condiciones de clima frío tropical, en la Loma de Punta Larga, Nobsa, Boyacá.

3.4 Materiales y métodos

La investigación, se realizó durante el año 2007 y parte del primer semestre de 2008 en el viñedo “Loma de Punta Larga”, en Nobsa, Boyacá, situado a 5°46’47.1” latitud norte y 72°58’36.5” longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 2.618 m. El clima de la zona se caracteriza por presentar una temperatura promedio anual de 16,5°C y

precipitación bimodal media de 830 mm/año con dos picos ubicados entre abril-mayo y octubre-noviembre. Bajo estas condiciones se presentan temperaturas diurnas con promedio de 22ºC y nocturnas de 8ºC, lo que origina una diferencia térmica diaria de 14ºC. Los suelos son de textura liviana, del tipo franco-arenoso y fertilidad natural baja, la insolación alcanza 476 cal cm^{-2} d^{-1} en 6,5 horas diarias (Quijano, 2006).

Los frutos del genotipo objeto de estudio correspondieron a la variedad Pinot Noir, de la actual selección clonal de *V. vinifera* L. de la cual se elabora vino de reconocida calidad (Quijano, 2001). Las plantas tenían una edad de 24 años y estuvieron sembradas a distancia de 1,20m X 2m, el sistema de poda es el de tipo guyot simple con conducción en espaldera a tres alambres (Salazar y Melgarejo, 2005).

Se tomaron al azar 51 plantas, de cada una se seleccionó un racimo homogéneo. Semanalmente se cosecharon tres racimos, de los cuales se tomaron 20 frutos por racimo (diez para evaluaciones físicas y diez para químicas), estos se escogieron aleatoriamente desde el día 28 después de la antesis (dda) hasta completar el desarrollo total del fruto, siguiendo el procedimiento establecido por Bautista y Vargas (1981). Se evaluaron 60 frutos semanalmente para un total de 1.020 durante las 17 semanas que duró la investigación.

Se obtuvo la masa fresca (MF) de los frutos y la masa seca (MS) después de someterlos a 75 ºC durante 48 h, el pH, sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT), e índice de madurez (IM) se determinaron siguiendo la metodología propuesta por Parra y Hernández (1997). La determinación de la evolución de los parámetros físicos y químicos se realizó en los laboratorios de Fisiología Vegetal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia sede Tunja. Los estados fenológicos del fruto herbáceo, envero, maduración y sobremaduración se establecieron con base en la acumulación de MF y MS.

Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva, teniendo como medida de dispersión el coeficiente de variación (CV) el cual fue determinado al final de cada estado, se hizo el análisis de componentes principales para determinar importancia de las variables medidas en cada uno de los estadios fenológicos del fruto, teniendo

como parámetro que el eje seleccionado explique más del 80% de la varianza. Se determinaron las correlaciones lineales múltiples para establecer las relaciones entre variables. Para el análisis de los datos se utilizó el programa SAS v. 8.1e (Cary, N.C).

3.5 Resultados y discusión

3.5.1 Estadio herbáceo

En la variedad Pinot Noir este estadio fenológico se inició con la antesis y finalizó a los 63 dda (Figura 3-1). Es decir, comprendió desde cuajado de fruto hasta envero, siendo una fase de división celular muy activa, que favorece el rápido crecimiento de la baya (Hernández, 2000; Reynier, 1995). La duración de éste estado fue superior a la reportada por Hernández (2000), quien afirma que el estado herbáceo puede tener una duración entre 40 a 60 días y se caracteriza por el crecimiento de la semilla y el pericarpio, aunque hay poco desarrollo del embrión. Además, se ha encontrado que hacia las tres semanas después de antesis, la división celular del pericarpio disminuye (Mullins *et al*. 2000; Reynier, 1995).

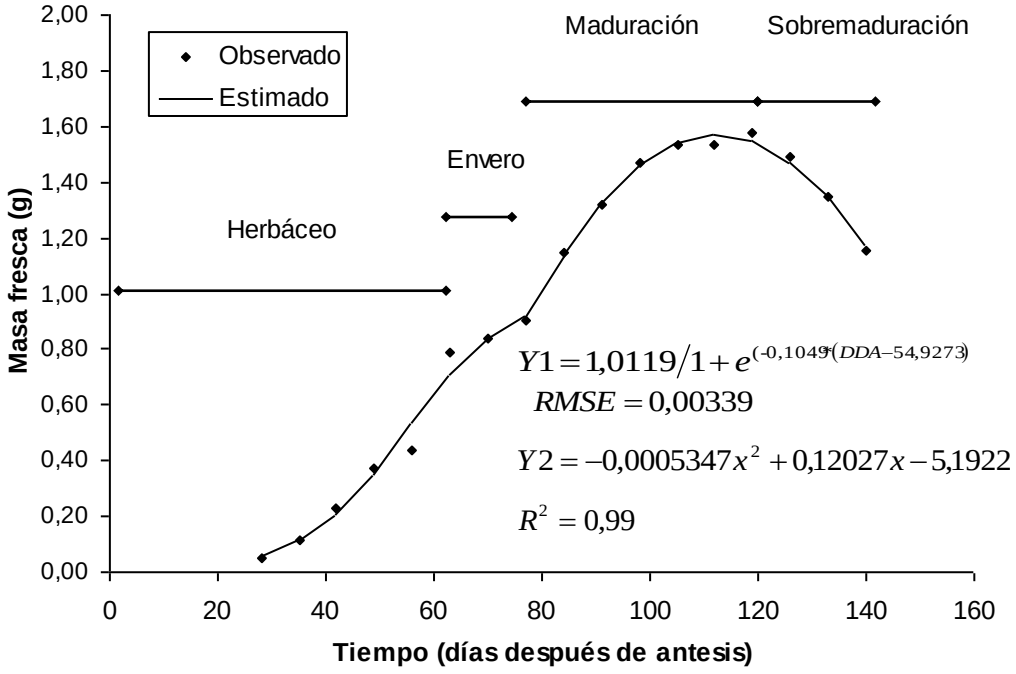


Figura 3-1: Comportamiento de la masa fresca en los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones de la Loma de Puntalarga, Boyacá.

Y1: ecuación logística que explica el comportamiento de los 28 a los 77 dda, Y2: ecuación polinómica que explica de los 77 a los 140 dda; RMSE: cuadrado medio del error residual.

El análisis de componentes principales mostró que con los seis componentes generados, el segundo eje explicó el 92% de la varianza, donde las variables más representativas fueron: SST (74%) y el IM (61%) y presentaron una correlación directa del 67% (Tabla 3-1). Además, la MF de las bayas al final de este estado llegó a 0,78g, mientras que la MS estuvo en 0,08g, el pH fue de 2,18, los SST de 6,63, la ATT de 4,12 y el IM fue 1,61, todos estos parámetros presentaron poca dispersión según el CV, excepto MS y MF con CV de 75,6% y 77,06% respectivamente (Tabla 3-1), lo que indica que al finalizar esta fase los frutos no presentaron la misma acumulación de masa. Al respecto, las MF y MS aumentaron de forma significativa (Figuras 3-1 y 3-2, respectivamente), el pH disminuyó ligeramente (Figura 3-3), los SST y la ATT aumentaron (Figura 3-4), mientras que el IM permaneció constante (Figura 3-5).

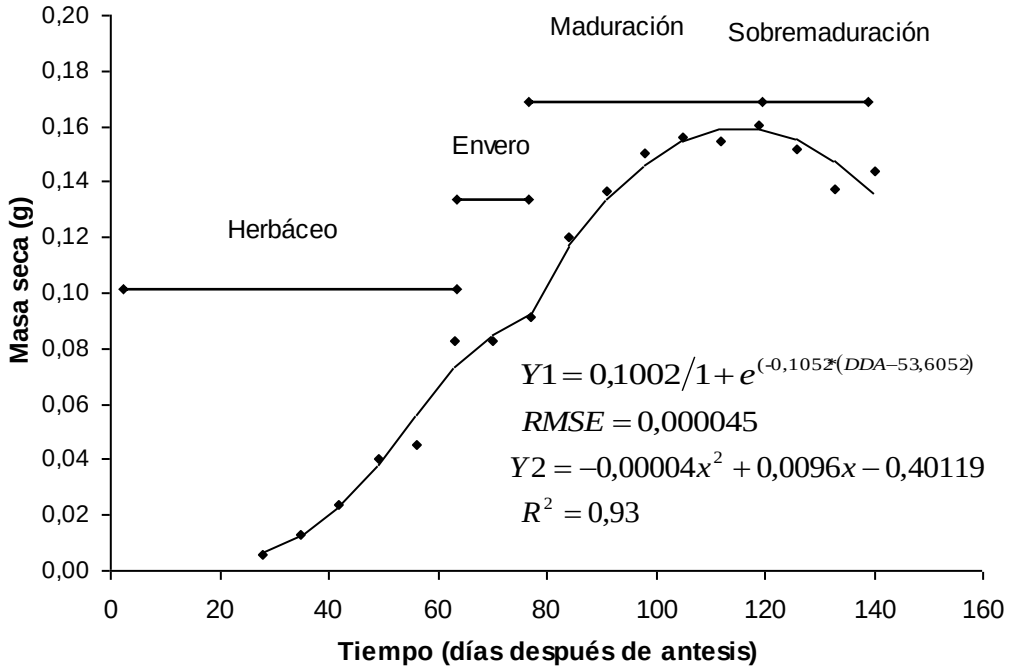


Figura 3-2: Comportamiento de la masa seca en los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones de la Loma de Puntalarga, Boyacá.

Y1: ecuación logística que explica el comportamiento de los 28 a los 77 dda, Y2: ecuación polinómica que explica de los 77 a los 140 dda; RMSE: cuadrado medio del error residual.

En el curso de este periodo, las bayas son órganos fuente en crecimiento, su respiración va en aumento hasta la mitad de este lapso, después, la fotosíntesis disminuye de forma progresiva hasta el final del estadio (Reynier, 1995). El comportamiento de los SST es el más representativo en esta etapa como ya se mencionó en el análisis de componentes principales, pues los azúcares son los principales compuestos que se traslocan hacia los frutos verdes, generalmente en forma en estado de sacarosa, que luego se hidrolizan a fructosa y glucosa. Al inicio, estos azúcares provienen de las hojas situadas a nivel de los racimos y después de aquellas de la parte media del pámpano (Reynier, 1995).

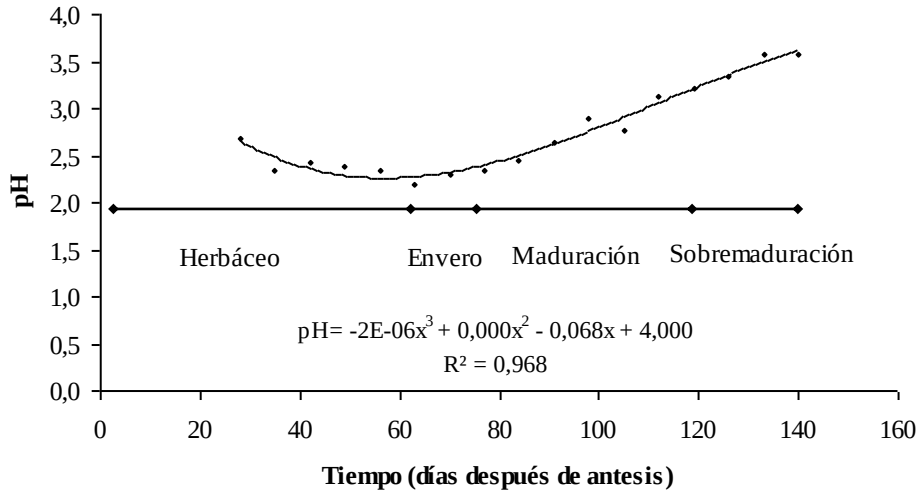


Figura 3-3: Comportamiento del pH en los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones de la Loma de Puntalarga, Boyacá.

Así mismo, la biosíntesis de ácidos orgánicos como el tartárico y el málico es también representativa y constante en el periodo herbáceo, por tanto, el contenido de SST en las bayas es bajo, mientras que el contenido de ácidos es elevado (Figura 3-4), esto concuerda con Reynier (1995), quien además sostiene que estos compuestos difieren según la época del año y de las variedades.

3.5.2 Estadio envero

El envero es el estadio más corto, puede oscilar entre 7 a 40 días (Mullins *et al*. 2000) para todos los frutos del viñedo, pero para un solo fruto no supera los dos días. Lo cual

coincidió con lo encontrado en el presente estudio, ya que el envero comprendió desde los 63dda hasta los 77dda, y se caracterizó porque en los 14 días de duración la MF y MS permanecieron casi constantes (Figuras 3-1 y 3-2), a pesar de este fenómeno, los cambios bioquímicos fueron evidentes.

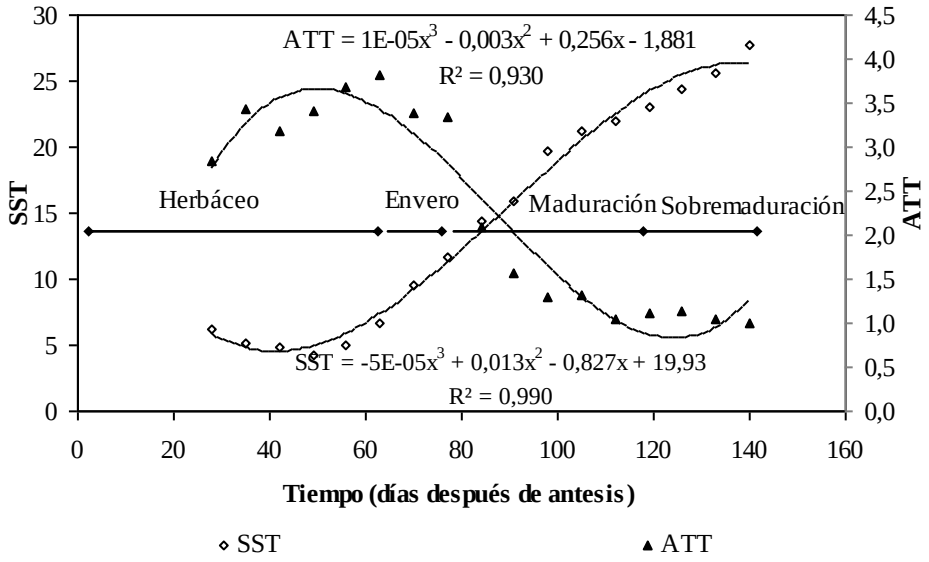


Figura 3-4: Comportamiento de los sólidos solubles totales (SST) y la acidez total titulable (ATT) en los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones de la Loma de Puntalarga, Boyacá.

Los SST aumentaron considerablemente (Figura 3-4), posiblemente en un principio pertenecieron a altos contenidos de glucosa y fructosa, pero al final predomina la concentración de fructosa (Reynier, 1995), y la ATT empezó a disminuir (Figura 3-4), mientras que el pH aumentó levemente (Figura 3-3) al igual que el IM (Figura 3-5), el CV en todos los casos indicó alta homogeneidad (Tabla 3-1), por tanto, al finalizar el envero los frutos presentaron similares propiedades fisicoquímicas. Lo anterior coincide con lo expuesto por Salazar y Melgarejo (2005), quienes afirman que en este estadio se presenta una disminución de ácidos y acumulación rápida de azúcares y compuestos fenólicos en las bayas.

El 84% de la varianza se explicó con el segundo eje, el cual demostró que la variable más representativa fue la ATT con 81%, seguida del pH con 47%, no obstante, fueron los SST los que presentaron mayor correlación con los demás parámetros así: IM 98%, MS 72%, pH 65% MF 48% y ATT -23% (Tabla 3-1).

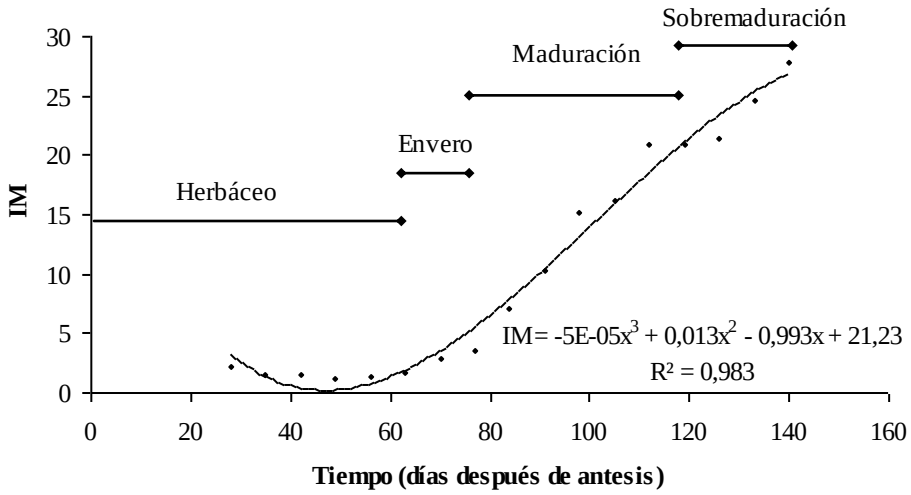


Figura 3-5: Comportamiento del IM en los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones de la Loma de Puntalarga, Boyacá.

En este estado también se observó el cambio de color del fruto de verde a rojo oscuro. Lo cual se debe a la síntesis de antocianos y degradación de clorofila (Salazar y Melgarejo, 2005). Al respecto, Hernández (2000) y Winkler *et al*. (1974) afirman que el envero se caracteriza porque la baya cambia de color y se pone elástica.

Además, en esta fase el crecimiento del pericarpio es muy lento, lo que explica el bajo aumento de MF y MS (Figuras 3-1 y 3-2). La semilla alcanza su madurez fisiológica y el desarrollo del embrión es rápido, procesos como la respiración, fotosíntesis y contenido de clorofila disminuyen (Mullins et al. 2000), también el fruto inicia a recubrirse con la pruina y los aromas herbáceos disminuyen (Hidalgo, 1993; Reynier, 1995).

Tabla 3-1: Componentes principales y correlaciones lineales para los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L.

HERBÁCEO	MS	MF	pH	SST	ATT	IM	C1* (0,63)	C2 (0,92)
MS	1	0,99	-0,77	0,30	0,78	-0,34	0,47	0,18
MF		1	-0,77	0,31	0,79	-0,33	0,47	0,19
pH			1	-0,03	-0,82	0,60	-0,46	0,08
SST				1	0,16	0,67	0,06	0,74
ATT					1	-0,67	0,47	-0,01
IM						1	-0,30	0,60
CV (%)	75,6	77,06	6,61	16,52	13,56	23,31		
ENVERO	MS	MF	pH	SST	ATT	IM	C1 (0,62)	C2
MS	1	0,92	0,63	0,72	-0,24	0,46	0,48	0,00
MF		1	0,55	0,48	-0,02	0,46	0,40	0,18
pH			1	0,65	0,34	0,55	0,38	0,47
SST				1	-0,23	0,98	0,47	-0,11
ATT					1	-0,39	-0,10	0,81
IM						1	0,46	-0,25
CV (%)	6,25	6,26	2,1	11,55	2,29	12,1		
MADURACIÓN	MS	MF	pH	SST	ATT	IM	C1 (0,89)	
MS	1	0,98	0,75	0,92	-0,88	0,86	0,41	
MF		1	0,73	0,92	-0,91	0,86	0,41	
pH			1	0,78	-0,74	0,79	0,36	
SST				1	-0,90	0,96	0,42	
ATT					1	-0,94	-0,41	
IM						1	0,41	
CV (%)	10,43	11,85	10,83	17,07	26,72	35,85		
SOBREMADURACIÓN	MS	MF	pH	SST	ATT	IM	C1 (0,67)	C2
MS	1	-0,12	-0,19	-0,10	0,39	-0,28	-0,12	0,88
MF		1	-0,58	-0,94	0,67	-0,84	-0,44	-0,37
pH			1	0,56	-0,55	0,58	0,35	-0,04
SST				1	-0,78	0,94	0,47	0,16
ATT					1	-0,94	-0,45	0,21
IM						1	0,48	-0,04
CV (%)	13,15	11,96	3,90	6,02	6,85	12,03		

*C: componente principal

3.5.3 Estadio Maduración

Este estado tuvo una duración de 42 días, comprendidos desde los 77dda hasta los 119dda (Figura 3-1), esta duración es similar a lo reportado por Hernández (2000), quien afirma que el estado de maduración puede durar de 40 a 60 días en la variedad Merlot. En concordancia, Piña y Bautista (2004) determinaron que en condiciones tropicales este periodo tuvo una duración de 25, 32 y 41 días para cultivares Sultanina, Perlón y Alphonse Lavallée, respectivamente. Por otro lado, se encontró que la masa fresca y seca a aumentaron desde los 77dda hasta los 105 dda y luego se estabilizaron hasta el final de este estado. Se pasó de 0,9 a 1,58g y de 0,09 a 0,16g para MF y MS respectivamente (Figuras 3-1 y 3-2), aumentos muy significativos, pues según Hernández (2000), en esta etapa el peso del fruto aumenta en un 50% aproximadamente, fenómeno que depende del suministro hídrico y del número de semillas de la variedad.

Por su parte, el pH se caracterizó por un marcado incremento al pasar de 2,35 a 3,22 (Figura 3-3) similar fue el comportamiento de los SST que alcanzó 23,07 °Brix (Figura 3-4) y el IM incrementó hasta 20 (Figura 3-5), mientras que la ATT decreció pasando de 3,34 a 1,11 (Figura 3-4). Mullins *et al*. (2000) y Reynier (1995) reportan además de los cambios mencionados para la maduración, la acumulación de minerales, formación de polifenoles, síntesis y acumulación de sustancias aromáticas, cambio en el color, ablandamiento de la baya y aumento de tamaño, el cual está directamente relacionado con el incremento en la elongación celular y no en la división de células (Salisbury y Ross, 1994).

Al final de la maduración, se presentó alta dispersión en las variables ATT e IM (Tabla 3-1). No obstante, los demás cambios fisicoquímicos medidos tienden a ser bien definidos para este cultivar. Por otro lado, una varianza del 89% fue explicada con el primer eje según los componentes principales, este mismo análisis pone de manifiesto la importancia de todas las variables (Tabla 3-1). Además, se expresa la evolución de los SST y la ATT con una correlación inversa del 90% entre estas, pero a diferencia de los demás estados, el IM presentó una correlación directa con la primera (96%) e inversa con la segunda (-94%). El aumento de los SST se debe en gran parte al aumento de MF (92%) y MS (92%), pero determina el aumento del pH (78%) (Tabla 3-1).

El inicio de la maduración ocurre normalmente después del cese del crecimiento de los pámpanos. 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. El aumento de los azúcares se presenta por el trasporte de estos a los órganos de almacenamiento, que son principalmente los racimos, los azúcares pueden provenir de la fotosíntesis, reservas presentes en tallos o por transformación del ácido málico (Reynier, 1995).

Por su parte, la acidez disminuye además de la transformación del ácido málico (gluconeogénesis), por combustión respiratoria, por la dilución debida a la acumulación de agua y por la migración de bases procedentes de las raíces que aumentan la alcalinidad de las cenizas (Reynier, 1995).

3.5.4 Estadio sobremaduración

Este es el último estadio del fruto de vid, comprendió desde el día 119 dda al 140dda (Figura 3-1), con una duración de 21 días. El 86% de la varianza fue explicado con el segundo eje de acuerdo con el análisis de componentes principales. Los CV indicaron que las variables fueron muy homogéneas, lo que permite inferir que los frutos de uva Pinot Noir se comportan de manera muy similar en la sobremaduración. A su vez, la variable más importante fue el MS con el 88% de la varianza (Tabla 3-1), poniendo de manifiesto que la acumulación de biomasa en el fruto de uva varía dependiendo entre otros factores del aporte de agua, nutrientes, tipo de suelo y manejo (Hidalgo, 1993). A medida que disminuyó la MF también lo hizo la ATT con una correlación del 67%, pero aumentó el contenido de SST, IM y pH con correlaciones de 94%, 84% y 58% respectivamente (Tabla 3-1).

La MF decreció de 1,58g a 1,15g (Figura 3-1), la MS de 0,16g a 0,14g (Figura 3-2) y ATT de 1,11g a 1,0g (Figura 3-4). Mientras que el pH incrementó de 3,22 a 3,57 (Figura 3-4), los SST de 23,07 a 27,77 (Figura 3-4) y el IM de 20,9 a 27,77 (Figura 3-5). La sobremaduración llega cuando la baya ha alcanzado su máximo tamaño, para luego iniciar la disminución en el peso (Coombe y McCarthy, 2000) debido a que el flujo de

fotoasimilados vía floema se interrumpe (Broussaud *et al*., 2001). Por tanto, el fruto inicia a deshidratarse, pero la concentración de SST aumenta considerablemente. Sin embargo, la síntesis de compuestos enológicos favorables (levaduras naturales, compuestos nitrogenados) se detienen y los compuestos aromáticos (linalol) y polifenoles (antocianos, flavonas, taninos) comienzan la degradación, no obstante, esta es un proceso necesario para obtener vinos tintos de calidad (Quijano, 2001).

En este momento la baya se independiza metabólicamente, más no funcionalmente de la planta y se hace más vulnerable a problemas fitosanitarios como al oidio (*Uncinula necator* Burr.) y daños mecánicos (ataque de aves). En consecuencia, es más recomendable recolectarlo que dejarlo en la planta, siempre y cuando haya cumplido con los requerimientos fisicoquímicos del punto óptimo de cosecha, que generalmente es el factor más crucial para los enólogos y viticultores (Reynier, 1995).

El punto óptimo de cosecha se puede determinar: teniendo en cuenta la evolución de los precursores glicosídicos (Jofré *et al*., 2006); mediante la evolución de los polifenoles (Saint-Cricq de Gaulejac *et al*., 1998); la madurez fenólica de la semilla (Harbertson *et al*., 2002); y con base en el punto de madurez tecnológica como la relación SST/ATT (Hidalgo, 1993; Reynier, 1995), este último es el indicador más utilizado por los vitivinicultores del departamento de Boyacá.

Por lo cual, con base en el punto de madurez tecnológica los frutos de vid Pinot Noir cultivados en condiciones agroecológicas de la Loma de Punta larga se deben cosechar a los 126dda, momento en el cual, se presentó un IM de 21,43, producto de una alta concentración de SST (24,4), bajo contenido de ATT (1,14) y pH de 3,33, MF=1,49g y MS=0,152g, estas masas son considerables al tener en cuenta que los frutos inician a perder peso por procesos de respiración y transpiración, propios de la sobremaduración. Por tanto, en este punto de cosecha, se logra obtener frutos con características químicas adecuadas para la elaboración de vinos de calidad y con un rendimiento representativo que favorece al productor de uva.

3.6 Bibliografía

Bautista, D., G. Vargas. 1981. Estudio del ciclo y determinación de los requerimientos heliotérmicos de algunas variedades de vid en condiciones tropicales. Agricultura Tropical, Barquisimeto, Venezuela. 31(1-6),11-23.

Broussaud, F., V. Cheynier, A.C. Noble. 2001. Bitterness and astringency of grape and wine polyphenoles. Australian J. Grape and Wine Res. 7,33-39.

Coombe, B., M. Mccarthy. 2000. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. Australian J. Grape and Wine Res. 6,131-135.

Harbertson, J., J. Kennedy, D. Adams. 2002. Tannins in skins and seeds of Cabernet Sauvignon, Syrah and Pinot Noir berries during Ripening. Am. J. Enology and Viticulture 53(1), 54-59.

Hernández, A. 2000. Introducción al vino de Chile. Colección en agricultura de la Facultad de Agronomía e Ingeniería forestal. Pontifica Universidad Católica de Chile. 101p.

Hidalgo, L. 1993. Tratado de viticultura general. Mundi prensa, Madrid. 983p.

Jofré, V., M. Fanzone, M. Assof, M. Rivera. 2006. Evolución de los precursores de aromas durante la maduración de uvas Cabernet Sauvignon (*Vitis vinífera* L.) de Agrelo y Tupungato (Mendoza, Argentina) y efecto de la maceración previa en frío. Enología. Edición internacional. 12(2),28-35.

Jones, G.R., E. Davis. 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. Am. J. Enol. Vitic. 51(3),249-261.

Mullins, M., A., Bouquet, L. Williams. 2000. Biology of the Grapevine. Cambridge, University Press. 239p.

Organización internacional de la viña y el vino (OIV). 2005. Situación del sector vitivinícola mundial en 2005. Disponible desde Internet en: http://news.reseau-concept.net/images/oiv_es/client/Commentaire_ Statistiques_2005 _ES.pdf. (con acceso 03/08/08).

Parra C.A., J.E. Hernández. 1997. Fisiología, postcosecha de frutas y hortalizas. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. 64p.

Piña, S., D. Bautista. 2004. Ciclo fenológico de cultivares de Vid (*Vitis vinefera* L.) para mesa en condiciones tropicales. Bioagro, 16(1),9-16.

Quijano, M. 2006. Investigación e innovación. Promoción y defensa del “terroir” regional. Cultura científica, Tunja, Fundación Universitaria Juan de castellanos. 4(35-41).

Quijano, M. 2004. Ecología de una conexión solar. De la adoración del sol al desarrollo vitivinícola regional. Cultura Científica. 2,5-9.

Quijano, M. 2001. Los vinos del valle del sol. Cultura Científica. 1:5-11.

Reynier, 1995. Manual de viticultura. Ed. Mundi prensa. 5 ed. Madrid. 407p.

Ribereau-Gayon, P., B. Doneche, D. Dubordieu, A. Lonvaud. 1998. Traite d’oenologie. Microbiologie du vin: Vinifications. Dunod, Paris, Francia. 185p.

Saint-Cricq De Gaulejac, N., N. Vivas, Y. Glories. 1998. Maturation phenólique des raisins rouques. Relation avec la qualité des vins. Comparaison des cépages Merlot et Tempranillo. Progres Agricole et Viticole. 115,306-318.

Salazar, D.M., P. Melgarejo. 2005. Viticultura. Técnicas del cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos. Ed. Mundi-prensa, Madrid. 325p.

Salisbury, F.B., C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A., México. 759p.

Tesic, T., D.J. Woolley, E.W. Hewett, D.J. Martin. 2002. Environmental effects on cv. Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grown in Hawke´s Bay, New Zealand. I. Phenology and characterization of viticultural environments. Australian J. of Grape Wine Res. 8(1),15-26.

Winkler, A., J. Cook, N. Kliewer, A. Lider. 1974. General viticulture. Univ. Cal. Press. Berkeley. 710p.

Winkler, A.J. 1948. Maturity tests for table grapes the relation of heat summation to time. HortSciense 51,295-298.

4. Comportamiento fisicoquímico del fruto de uva (*Vitis vinifera* L.) variedad SCLP Riesling x Silvaner bajo condiciones de clima frio tropical en Colombia (Sur América)*

Pedro José Almanza M., Gerhard Fischer, Aníbal Herrera Arévalo, Alfredo de Jesús Jarma y Helber Enrique Balaguera-López

4.1 Resumen

La región del Valle del Sol, departamento de Boyacá (Colombia), es una zona altitudinal (2.500 msnm) de clima frio tropical apta para la producción de uvas para vinos de calidad. El objetivo de esta investigación fue realizar el estudio del comportamiento fisicoquímico durante el crecimiento y desarrollo del fruto de uva var. Riesling x Silvaner destinada para la elaboración de vinos, en el municipio de Corrales (Boyacá, Colombia). Para determinar las características físicas y químicas del fruto, a partir de los 28 días después de antesis (dda), se realizaron 14 muestreos semanales, en cada uno de los cuales se tomaron tres racimos de plantas seleccionadas al azar. El desarrollo de la baya fue de 119 dda con tres estadios definidos: herbáceo, envero y maduración. El estadio herbáceo finalizó a los 63 dda, el periodo de envero fue de 14 días y terminó a los 77 dda y el estadio de maduración tuvo una duración de 42 días, no hubo periodo de sobremaduración. El comportamiento de la masa fresca, la masa seca y los diámetros del fruto siguieron una curva doble sigmoide. Durante el desarrollo de las bayas se

---

*Enviado a Journal of Applied Botany and Food Quality

presentó aumento de los sólidos solubles totales (pasando de 5,03 a 23,73 °Brix en el punto de la cosecha), del pH (cambió de 2,88 a 3,71) y del índice de madurez tecnológica que varió de 1,27 a 21,84 en la cosecha, mientras la acidez total titulable disminuyó de 3,96 a 1,11%.

Palabras clave: curva de crecimiento doble sigmoide, estadio herbáceo, estadio envero, estadio maduración.

4.2 Summary

The Valle del Sol (Sun Valley) of the Boyaca department (Colombia) is an altitudinal zone (2.500 m.a.s.l.) with temperate tropical climate conditions suitable for the production of grapes for quality wine. The objective of this investigation was to study the physical and chemical behavior during growth and development of grapevine fruit var. Riesling x Silvaner, designated to wine production, in the municipality of Corrales (Boyaca, Colombia). To determine the physical and chemical characteristics of the fruit from the 28 days after anthesis (daa), 14 sampling weekly were conducted in each of the three clusters, which were taken from randomly plants selected. The development of the berry lasted 119 daa with three stages defined: herbaceous, veraison and maturation and ripening. The herbaceous stage ended at 63 daa, the veraison period lasted 14 days and ended at 77 daa, whereas the maturation stage had duration of 42 days, and no period of overmaturity was observed. The behavior of the fresh mass, dry mass and diameter of the fruit followed a double sigmoid curve. During the development of the berries occurred an increase of total soluble solids (from 5.03 to 23.73 °Brix in the harvest point), of pH (change of 2.88 to 3.71) and of index of technological maturity ranging from 2.27 to 21.84, whereas total titratable acidity decreased 3.96 to 1.11%.

Key words: double sigmoid growth curve, herbaceous stage, maturity stage, ripening stage.

4.3 Introducción

La fenología es el estudio de las fases, eventos fisiológicos o actividades periódicas y repetitivas del ciclo de vida de las plantas que se presentan estacionalmente en

respuesta al clima a lo largo del año (Mantovani *et a*l., 2003; Gris *et al*., 2010). Por su parte, el crecimiento es definido como un aumento irreversible en el volumen o la masa de un organismo vivo, órgano o célula mientras que el desarrollo es un proceso coordinado de un gran número de tejidos que involucra fenómenos de crecimiento y diferenciación celular (Taiz y Zeiger, 2006). De acuerdo con lo anterior, con el conocimiento de la fenología de una especie se puede determinar el potencial de una región para producir un cultivo dentro de los límites de su régimen climático (Morlat y Bodin, 2006; Webb et al., 2007) y con los estudios de crecimiento y desarrollo se puede establecer la forma en que una planta u órgano, en este caso el fruto, se comporta en determinadas condiciones, lo cual, puede ser útil para programar prácticas culturales como fertilización, riego, control fitosanitario y el momento de la cosecha (Mullins et al., 1992), entre otros.

El crecimiento del fruto de uva (*Vitis vinifera* L.) consiste de dos ciclos sigmoides sucesivos, cada uno con características distintivas (Coombe, 1992). El primer ciclo de la formación de la baya inicia con aumento en la división celular de los tejidos del pericarpio, este proceso cambia gradualmente a la elongación celular, la cual se desacelera al final del primer ciclo sigmoide. En este estado la baya es dura, verde y crece lentamente, pero hay acumulación de ácido málico en el pericarpio. El segundo ciclo se inicia con la acumulación de azúcar, ablandamiento, coloración de la baya y nuevamente incrementa el tamaño de la misma (Coombe, 1992; Hidalgo, 2002; Salazar y Melgarejo, 2005).

De acuerdo con Conde *et al*. (2007), en muchos cultivares de uva, la primera fase de crecimiento es seguida por una fase donde el crecimiento se detiene temporalmente. La duración de esta fase es específica para cada cultivar y finaliza con la terminación del estadio herbáceo de la baya. Después de este período de ausencia de crecimiento, una segunda fase toma lugar, el envero, en el cual, la epidermis de la baya inicia el cambio de color e indica el inicio de la maduración. Los cambios más representativos en la composición del fruto de uva ocurren durante el estadio de maduración. Estos mismos autores mencionan que las bayas pasan de un estado en el que son pequeñas, duras y ácidas, con bajos contenidos de azúcar a un estado donde se convierten en frutos de

mayor tamaño, más blandos y dulces, con menor contenido de ácidos, con sabor y color característicos.

Durante el desarrollo del fruto de uva se presentan cambios importantes a nivel bioquímico que conllevan a la maduración del fruto y determinan su calidad; dentro de estos, los más representativos son, acumulación de sólidos solubles totales (principalmente azúcares), incremento del pH y del índice de madurez técnico, disminución de la acidez (Gris *et al*., 2010; Almanza-Merchán y Balaguera-López, 2009; Almanza *et al*., 2010), degradación de la clorofila, acumulación de pigmentos en la epidermis, síntesis de sustancias aromáticas y modificación del sabor (Conde *et al*., 2007; Ali *et al*., 2011). Estas características son importantes para monitorear el desarrollo y maduración de la baya, principalmente en zonas donde se introducen nuevas variedades de uva (Gris *et al*., 2010) para determinar su potencial productivo.

El Valle del Sol, departamento de Boyacá (Colombia), se caracteriza por ser una zona de clima frio tropical apta para la producción de uvas destinadas a la elaboración de vinos de calidad (Quijano, 2004). Los primeros estudios en estas condiciones agroecológicas se realizaron en la var. Pinot Noir, en la cual, se determinaron cuatro estadios fenológicos, herbáceo, envero, maduración y sobremaduración (Almanza-Merchán y Balaguera-López, 2009), además, se encontró que el desarrollo de este fruto hasta cosecha tuvo una duración de 126 días después de antesis (dda), tiempo en el cual se acumularon 826,2 de grados calor día (Almanza *et al*., 2010).

Debido a que se desconoce el comportamiento fisicoquímico de otras variedades importantes para la elaboración de vino bajo estas mismas condiciones, el objetivo de esta investigación fue realizar el estudio de este comportamiento durante el crecimiento y desarrollo del fruto de uva var. Riesling x Silvaner, en el municipio de Corrales (Boyacá-Colombia).

4.4 Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo entre los meses de julio a noviembre del año 2009, en el viñedo comercial del municipio de Corrales (Boyacá-Colombia), situado a 5°48’30”

latitud norte y 72°58'35" longitud oeste, a una altitud de 2.450 msnm. El comportamiento del clima durante el experimento se reporta en la tabla 4-1, la temperatura promedio fue de 16,7°C, las temperaturas máxima y mínima promedio fueron de 22,3°C y 10,4°C respectivamente, la humedad relativa fue del 86,3% y precipitación acumulada de 243,11mm. Se presentó un promedio de 4,2 h d^{-1} de brillo solar y alta insolación que alcanza un promedio de 476 cal cm^{-2} d^{-1}, de acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida propuestas por Holdrige, se presenta una sola zona de vida: bosque seco montano bajo (Bs-MB). Los suelos son pedregosos de textura liviana, de tipo franco-arenoso y fertilidad natural baja. La fase de laboratorio se realizó en los laboratorios de Fisiología Vegetal de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede Tunja.

Tabla 4-1: Variables ambientales de Corrales (Boyacá-Colombia) entre los meses de julio a noviembre de 2009.

Días después de	Precipitación (mm)	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Brillo Solar (h d^{-1})	Humedad Relativa (%)
7	2,8	16,7	21,6	10,5	3,8	87,4
14	14,3	16,8	21,2	10,7	4,4	89,5
21	2,31	16,6	21,6	10	5,5	90,2
28	5,93	17,1	23,5	10,8	5,5	89,8
35	28,11	16,3	21,1	10,4	4,3	90,4
42	0,61	16,6	21,6	10,4	5,3	86,6
49	2,2	16,7	22,4	9,8	5,2	87,0
56	40,9	16,1	21,6	10	2,9	87,6
63	0,7	16,9	21,8	9,7	4,8	85,6
70	2,2	16,8	21,5	9,5	4,1	86,5
77	0,0	16,9	23,2	10,2	4,4	85,1
84	22,0	16,3	22,3	10,1	3,1	79,1
91	48,71	16,8	23,4	11	2,1	88,4
98	11,6	17,0	22,3	11,1	2,5	87,0
105	28,72	17,1	23,4	11,8	3,0	87,3
112	0,0	17,2	22,8	10,7	5,2	85,5
119	32,02	17,5	23,8	11	6,8	74,5
Promedio	243,11*	16,7	22,3	10,4	4,2	86,3

*El valor de la precipitación es el acumulado durante el periodo del estudio

La variedad evaluada corresponde a la selección clonal de *Vitis vinifera* L., var. Riesling x Silvaner, también conocida como Riesling Becker, originaria de Alemania y procedente del viñedo y cava “Loma de Puntalarga”, en Nobsa (Boyacá). El cultivo tenía 8 años de establecido a una distancia de 1,2 x 0,8 m entre hileras y plantas respectivamente, y presentaba un sistema de poda del tipo Guyot simple con dos pulgares y conducción en espaldera a tres alambres. Para el experimento fueron seleccionados al azar 42 racimos, de igual número de plantas. Cada semana se cosecharon aleatoriamente tres racimos, de cada racimo se tomaron 10 frutos para determinar las características físicas y 10 para las químicas. Se hicieron 14 muestreos semanales a partir del momento en que el tamaño del fruto permitió realizar las mediciones (28 dda).

Las variables medidas durante el estudio fueron, masa fresca del fruto con balanza de precisión 0,01 g; masa seca del fruto después de someter los frutos a 75 ºC durante 48 h; diámetro ecuatorial y longitudinal del fruto a través de calibrador pie de rey; tasa absoluta de crecimiento mediante la metodología expuesta por Hunt (1990); la acidez total titulable (ATT) se determinó de acuerdo con la AOAC (1990) y se expresó en porcentaje de ácido tartárico; sólidos solubles totales (SST) a través de mediciones de °Brix con un refractómetro digital Hanna Instruments HI 96801 de escala 0-85%Brix; índice de madurez tecnológica (IMT) se obtuvo mediante la relación entre los SST y la ATT, y para el pH con potenciómetro previamente calibrado con soluciones buffer de pH 7,0 y 4,0.

Cada racimo correspondió a una repetición en cada muestreo. Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y se calculó el promedio y el error estándar. Además, se determinaron los modelos estadísticos de mayor ajuste. Para el análisis de los datos se utilizó el programa SAS v. 8.1e (Cary, NC).

4.5 Resultados y discusión

4.5.1 Estadios fenológicos del fruto de uva

Los resultados indicaron que los frutos de uva de la variedad Riesling x Silvaner, presentaron tres estadios de desarrollo bien definidos, herbáceo, envero y maduración (Fig. 4-1).

El estadio herbáceo comprendió desde el cuajado del fruto hasta los 63 dda, siendo el estado de mayor duración. Agustí (2008) y Reynier (1995), indican que en este período predomina la división celular que favorece el rápido crecimiento del fruto, la baya comienza su evolución y es de color verde con gran capacidad fotosintética y alta consistencia.

El estadio envero finalizó a los 77 dda con una duración de 14 días. Algunos autores mencionan que esta etapa marca el inicio de la maduración, las bayas pierden firmeza y cambian de color (Ali *et al*., 2011; Conde *et al*., 2007). Sin embargo, en Riesling x Silvaner, un cultivar con frutos "blancos", en este estado, las bayas adquieren una apariencia más traslucida. De acuerdo con Mullins *et al*. (2000), en esta fase, la semilla alcanza su madurez fisiológica; la respiración, fotosíntesis y contenido de clorofila disminuyen, el fruto se recubre con pruina y los aromas herbáceos disminuyen (Hidalgo, 2002; Reynier, 1995).

El estadio de maduración culminó a los 119 dda, registrando una duración de 42 días. En este periodo la baya presenta una rápida ganancia de biomasa (Fig. 4-1) y evolución acelerada de los componentes bioquímicos (Hidalgo, 2002; Salazar y Melgarejo, 2005).

De manera contraria a lo reportado por otros autores para la variedad Pinot Noir (Almanza-Merchán y Balaguera-López, 2009; Almanza *et al*., 2010), en Riesling x Silvaner, no se observó el estado de sobremaduración; sin embargo, la aparición y duración de los demás períodos coincide con lo encontrado por Almanza-Merchán y Balaguera-López (2009) y difiere solamente en la duración del período de maduración observado por Almanza *et al*. (2010), en Pinot Noir donde se reporta un tiempo de 35 días. Estos resultados confirman que la duración de los estadios fenológicos puede variar de forma representativa entre variedades, clima y localización geográfica (Bodin y Morlat, 2006; Webb *et al*., 2007; Gris *et al*., 2010). Conocer la duración de las fases fenológicas es indispensable en viticultura, pues da la posibilidad de programar prácticas adecuadas de manejo agronómico del cultivo.

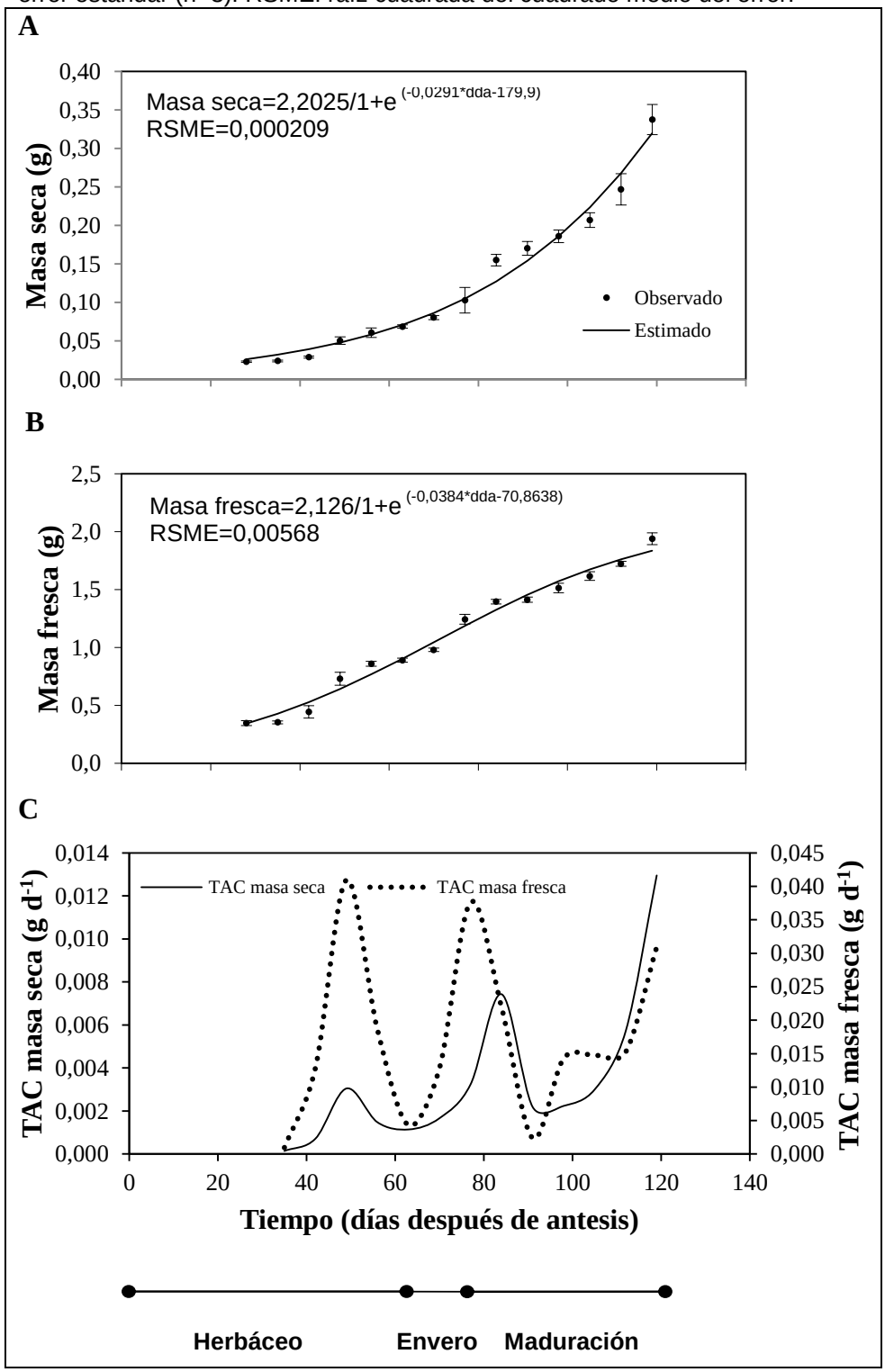
4.5.2 Características físicas del fruto

La acumulación de la masa seca y fresca de los frutos se ajustó a un modelo logístico de crecimiento y tuvo un comportamiento típico de una curva doble sigmoide (Fig. 4-1), característico para esta especie (Almanza et al., 2010; Opara, 2000; Coombe, 1976). La masa seca del fruto presentó valores bajos hasta aproximadamente los 63 dda, momento en que culminó la primera fase sigmoide, y coincidió con el estadio herbáceo, que se caracteriza por una activa división celular (Hernández, 2000) en este periodo la tasa absoluta de crecimiento (TAC) también fue baja, sin embargo posteriormente la masa seca mostró un ascenso continuo hasta la cosecha donde acumuló 0,33±0,019 g, siendo más representativa la ganancia de masa entre los 77 y 84 dda y a partir de los 105 dda (Fig. 4-1A).

La TAC para la masa seca presentó máximos a los 49 y 84 dda y un aumento drástico de los 112 dda hasta la cosecha, momento en el que alcanzó su valor máximo (0,0129 g d^{-1}). Este comportamiento también indicó que la masa seca no fue asintótica (Fig. 4-1 A y C), debido posiblemente a la continua acumulación de fotoasimilados en la última etapa de crecimiento del fruto (Grange, 1996).

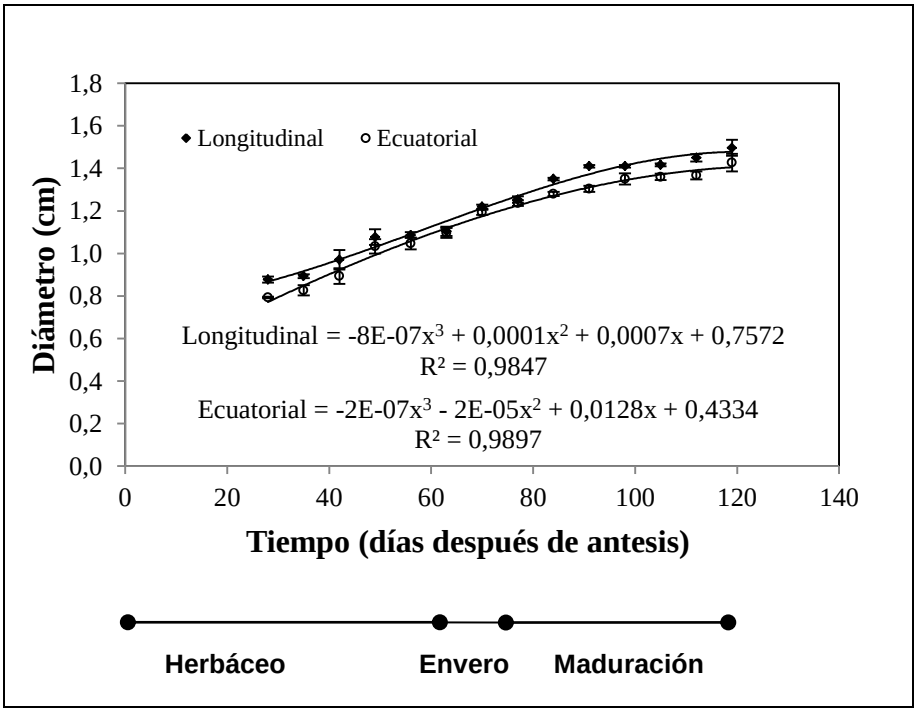
Se observó una baja ganancia de masa fresca hasta los 42 dda, después hubo un rápido incremento que finalizó a los 49 dda y luego éste se hizo más lento hasta los 63 dda. Por lo anterior, la TAC tuvo un pico máximo a los 49 dda, presentando el mayor valor durante todo el desarrollo con 0,04 g d^{-1} y luego descendió. Posteriormente, se observaron incrementos representativos de masa fresca, principalmente entre los 70 y 77 dda y después de los 112 dda, razón por la cual, la TAC presentó altos valores en estos mismos periodos, en la cosecha, los valores de masa fresca y TAC fueron 1,94±0,05 g 0,03 g d^{-1} respectivamente (Fig. 4-1 B y C). Conde *et al*. (2007) mencionan que el tamaño de la baya desde el envero a la cosecha prácticamente se duplica. En esta etapa la elongación celular es el proceso predominante, influenciada por la plasticidad de las paredes celulares y por la presión de turgencia de las células, responsable del aumento pronunciado en volumen y masa (Coombe, 1960). Es posible que el aumento de la concentración de azúcares durante la maduración traiga como consecuencia una disminución en el potencial osmótico, y por lo tanto, un aumento en la masa fresca del fruto producido por un incremento en la capacidad de retención de agua (Coombe, 1960).

Figura 4-1: Comportamiento de la masa A. seca y B. fresca C. tasa absoluta de crecimiento (TAC) del fruto de uva variedad Riesling x Silvaner durante el crecimiento y desarrollo, bajo condiciones del trópico alto. Las barras verticales en cada promedio indican el error estándar (n=3). RSME: raíz cuadrada del cuadrado medio del error.



Los diámetros longitudinal y ecuatorial se ajustaron a un modelo cúbico y tuvieron una tendencia doble sigmoide. La finalización de la primera fase sigmoide (estadio herbáceo) se presentó a los 63 dda similar al comportamiento de la masa fresca y seca del fruto, pero con la diferencia que los diámetros si presentaron un crecimiento asintótico al final de la segunda fase sigmoide. Un comportamiento similar fue reportado en uva por Dokoozlian (2000). El diámetro longitudinal fue mayor que el ecuatorial durante todo el desarrollo del fruto y en la cosecha los valores obtenidos fueron 1,49±0,03 y 1,42±0,04 cm respectivamente (Figura 4-2), lo cual indica que estos frutos son más grandes que los de la variedad 'Cabernet Sauvignon' con 12 mm (Santos *et al*., 2007).

Figura 4-2: Comportamiento del diámetro del fruto de uva variedad Riesling X Silvaner durante el crecimiento y desarrollo, bajo condiciones del trópico alto. Las barras verticales en cada promedio indican el error estándar (n=3).



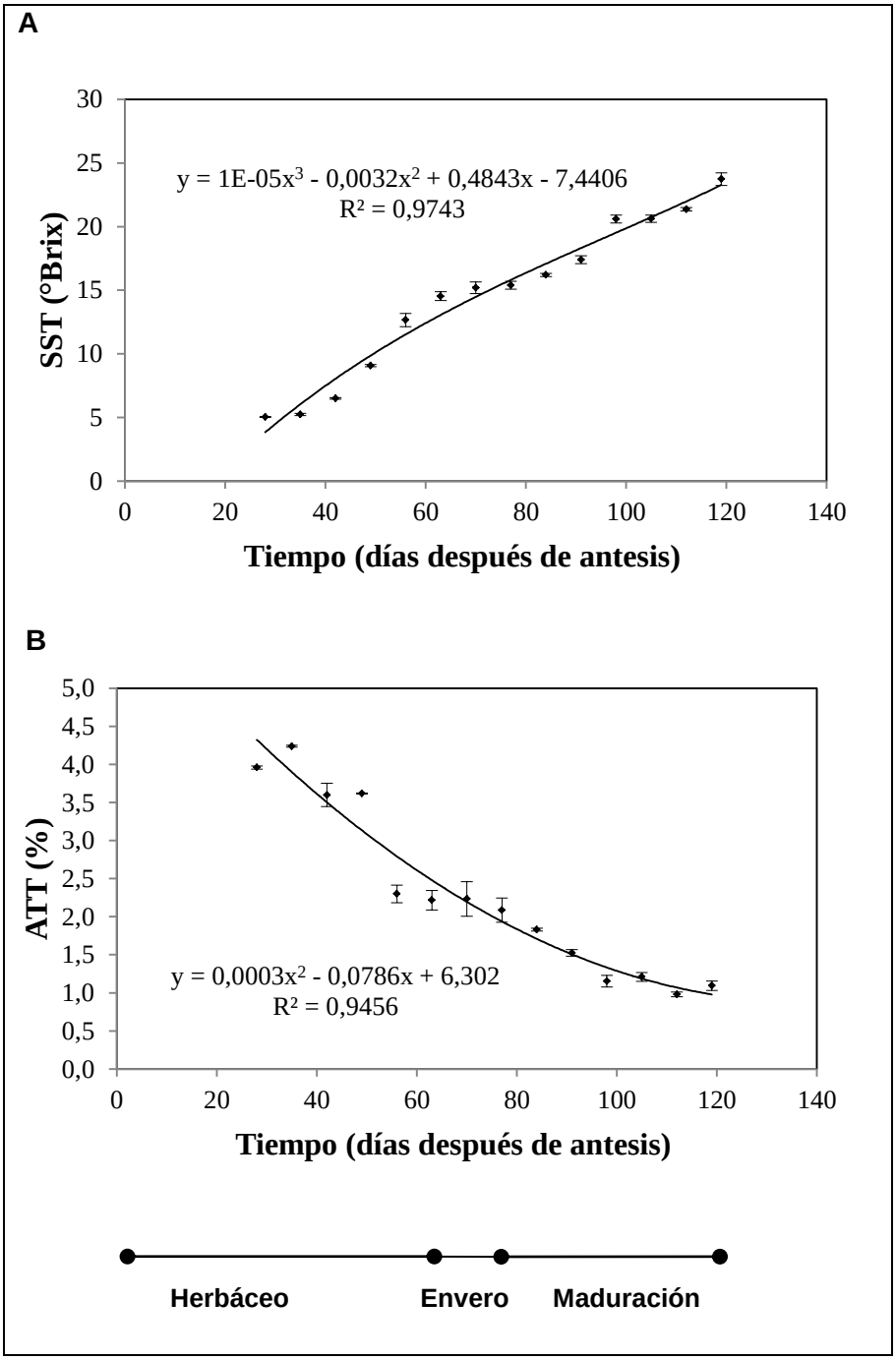
4.5.3 Características químicas del fruto

La concentración de sustancias químicas es importante para efectos de calidad y cantidad en las bayas de la uva al regular su crecimiento y rendimiento (Gil, 2004). Un polinomio de tercer grado describió el incremento de los SST durante el desarrollo del fruto de uva. Entre los 28 y 42 dda, los 63 y 77 dda (estadio envero) y los 98 y 112 dda,

los SST permanecieron casi constantes, en los demás lapsos mostraron un incremento representativo. Al final del estadio herbáceo, envero y cosecha, el fruto de Riesling x Silvaner presentó 14,53±0,35, 15,4±0,3 y 23,73±0,49 °Brix respectivamente (Fig. 4-3A). Al respecto, Dokoozlian (2000) afirma que las uvas acumulan mayor cantidad de azúcares durante la maduración que muchos otros frutos. Los SST reportados en este estudio en la cosecha son mayores a los encontrados en uva Cabernet-Sauvignon (Giribaldi *et al*., 2010) y cultivar Superior (Grangeiro *et al*., 2002), pero menores a los presentados en bayas Pinot Noir cultivadas en clima frio tropical (Almanza-Merchán y Balaguera-López, 2009; Almanza *et al*., 2010).

Los sólidos solubles totales están constituidos por 80 a 95% de azúcares y la medida de estos se encuentra asociada con los azúcares disueltos en el jugo celular (Osterloh *et al*., 1996), en menor grado contienen también ácidos orgánicos, proteínas, grasas y varios minerales. El azúcar necesario para el crecimiento y maduración de las bayas debe ser importado principalmente de las hojas y en menor cantidad del tronco y de las raíces (Dokoozlian, 2000), siendo la sacarosa el principal azúcar de transporte en los frutos, aunque parece ser que existe una alta actividad de la enzima invertasa ácida en el fruto de uva (Fillion *et al*., 1999) porque los azúcares de mayor concentración son la fructosa y la glucosa (ALI *et al*., 2011; Herrmann, 2001). Gil (2004) también reporta que la principal causa del aumento de los SST es el transporte de sacarosa desde las hojas y sitios de reserva por el sistema vascular y periférico, a tasa entre 27 y 30 cm h^{-1}. Conde *et al*. (2007) mencionan que después del envero se presenta una acumulación continua de glucosa y fructosa en las vacuolas de las células del mesocarpo, lo cual posiblemente explica el aumento de los SST de los frutos de uva Riesling x Silvaner. Además, Dokoozlian (2000) afirma que los azúcares también provienen de esqueletos de carbono generados por ácidos orgánicos y aminoácidos.

Figura 4-3: Comportamiento de A. sólidos solubles totales (SST) y B. acidez total titulable (ATT) durante el crecimiento y desarrollo del fruto de uva variedad Riesling x Silvaner, bajo condiciones del trópico alto.Las barras verticales en cada promedio indican el error estándar (n=3).



Hubo una disminución cuadrática de la ATT a medida que el fruto incrementó su desarrolló; en el inicio del periodo herbáceo, los contenidos de acidez fueron altos con valores alrededor de 4%, sin embargo, en el estadio herbáceo la ATT permaneció casi constante con valores alrededor de 2%, mientras que en el momento de la cosecha presentó las concentraciones más bajas con 1,09±0,06% (Fig. 4-3B), valor que puede considerarse alto si se compara con los contenidos reportados para las variedades Cabernet Franc, Merlot, Sangiovese y Syrah (Gris et al., 2010) pero es similar al que se encontró en la var. Pinot Noir (Almanza-Merchán y Balaguera-López, 2009) para condiciones de trópico alto, situación que confirma lo mencionado por Bluske (2008), quien afirma que en regiones elevadas, los valores de acidez son altos debido a que hay una menor respiración del ácido málico comparada con la del ácido tartárico, y en consecuencia se podrían generar vinos demasiado suaves. Sin embargo, Herrmann (2001) describe que en la maduración de las uvas se disminuye más el ácido málico que el tartárico. Además, las continuas precipitaciones que se presentaron durante el desarrollo de las bayas pudieron también aumentar la ATT, como encontraron Jubileo et al. (2010) en frutos de 'Cabernet Sauvignon', producidos fuera de época.

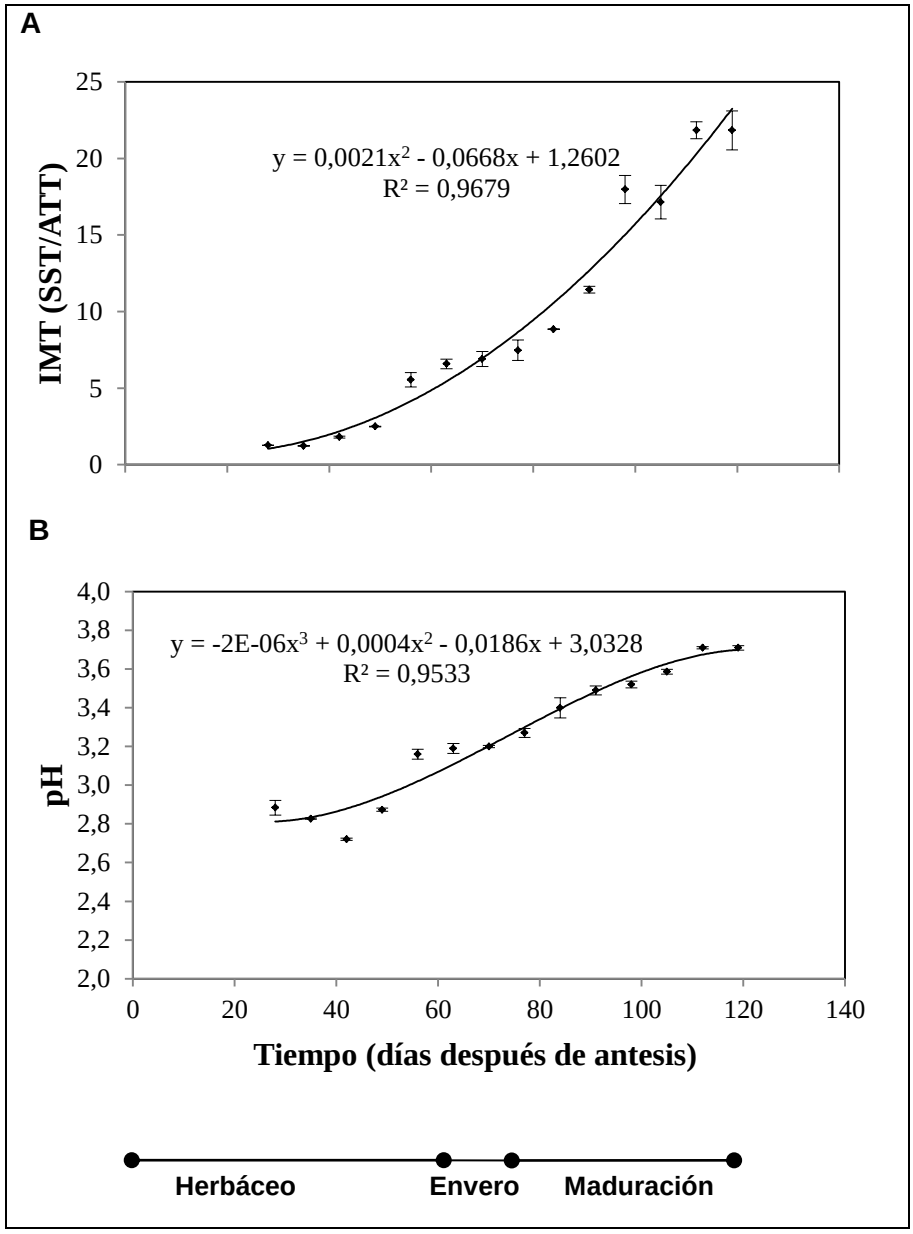
Las bayas sintetizan solamente una pequeña parte de los ácidos (Hardy, 1968), la mayor parte los trasloca la planta de las hojas, como consecuencia de la actividad fotosintética la cual está estrechamente ligada con su síntesis (Gil, 2004). El ácido tartárico es acumulado durante el estado inicial del desarrollo de las bayas y su concentración es más alta en la periferia de la baya en desarrollo. Por el contrario, el ácido málico se almacena en las células de la pulpa en el final de la primera fase de crecimiento (Conde *et al*., 2007; De Bolt *et al*., 2006). Durante la maduración, este ácido es metabolizado, transformado en azúcares y usado como fuente de energía durante la fase de maduración (Conde *et al*., 2007), también puede ser diluido por el agua que gana el fruto (Almanza-Merchán y Balaguera-López, 2009), procesos que explicarían su disminución (Fig. 4-3B). Estos ácidos le confieren la acidez al vino y determinan parte de su calidad (Conde *et al*., 2007). Dokoozlian (2000) menciona que los ácidos málico y tartárico comprenden aproximadamente el 90% del total de la acidez. El porcentaje restante en las bayas depende de otros ácidos como el cítrico (hasta un 5% [Herrmann, 2001]), succínico, láctico y acético que están presentes principalmente en la madurez (Conde *et al*., 2007).

El sabor del fruto de uva es principalmente el resultado del balance ácidos/azúcares y la síntesis de compuestos aromáticos, o precursores que tiene lugar en este mismo momento. El desarrollo de estas características determinará en gran medida la calidad del producto final (Boss y Davies, 2001). En concordancia, el índice de madurez tecnológica (IMT) de la var. Riesling x Silvaner aumentó rápidamente hasta la cosecha ajustándose a una función cuadrática, con excepción del estadio herbáceo, donde el IMT permaneció casi constante. En la cosecha, el IMT fue de a 21,84±1,27 (Fig. 4-4A), este último valor se considera bajo al compararlo con los reportes de Grangeiro *et al*. (2002), Gris *et al*. (2010) y Almanza *et al*. (2010). Esto podría ser explicado por el alto contenido de ácidos (Fig. 4-3B), pues los SST encontrados se consideran altos (Fig. 4-3A).

Jubileu *et al*. (2010) mencionan que el uso del índice de maduración se debe hacer con cuidado, porque no siempre un aumento de azúcar representa una disminución de la acidez y no es adecuado para comparar diferentes variedades de uva (Rizzon y Miéle, 2002). Entre tanto, Blouin y Guimberteau (2004) afirman que este índice sirve como referencia de una cosecha considerada óptima desde el punto de vista vitivinícola. No obstante, Jubileu *et al*. (2010) y Gonçalves *et al*. (2002) coinciden en afirmar que los SST y la ATT presentan importancia fundamental en el monitoreo del punto de cosecha de frutos de uva, posibilitando un mejor control de la calidad de la materia prima para la elaboración de vinos.

El pH se ajustó a un polinomio de tercer grado, que se caracterizó por presentar una leve disminución al inicio del estadio herbáceo y un aumentó rápidamente hacia el final de este mismo periodo, mientras que en la fase de envero permaneció estable y nuevamente aumentó hasta los 112 dda para permanecer estable hasta la cosecha (Fig. 4-4B). En concordancia, Dokoozlian (2000) afirma que el pH es una medida de la concentración de iones hidrogeno en la baya y está generalmente relacionado con la acidez del jugo. De acuerdo con este último autor, el pH es relativamente constante durante el primer estado de desarrollo del fruto de uva con valores cercanos a 2,5, y luego aumenta gradualmente durante la maduración por disminución del ácido málico.

Figura 4-4: Comportamiento de A. índice de madurez tecnológico (IMT) y B. pH durante el crecimiento y desarrollo del fruto de uva variedad Riesling x Silvaner, bajo condiciones del trópico alto. Las barras verticales en cada promedio indican el error estándar (n=3).



El pH encontrado en el momento de la cosecha fue de 3,71±0,01 (Fig. 4-4B), valor recomendable para la obtención de vinos de calidad, pues de acuerdo con Rizon y Miele (2003) valores de pH inferiores a 3,3 pueden afectar negativamente la calidad del vino.

4.6 Bibliografía

Agustí, M. 2008. Crecimiento y maduración del fruto. In: Azcón-Bieto, J. and M. Talón (eds.), Fundamentos de fisiología vegetal, 519-535. 2nd ed. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

Ali, K., F. Maltese, A.M. Fortes, M.S. Pais, Y.H. Choi, R. Verpoorte. 2011. Monitoring biochemical changes during grape berry development in Portuguese cultivars by NMR spectroscopy. Food Chem. 124, 1760-1769.

Almanza M. P.J., M.A. Quijano-Rico, G. Fischer, B. Chaves, H.E. Balaguera-López. 2010. Physicochemical characterization of 'Pinot Noir' grapevine (*Vitis vinifera* L.) fruit during its growth and development under high altitude tropical conditions. Agron. Colomb. 28(2), 173-180.

Almanza-Merchán, P., H.E. Balaguera-López. 2009. Determinación de los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones del altiplano tropical en Boyacá. Rev. UDCA Actual. Divulg. Cient. 12(1), 141-150.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Blouin, J., G. Guimberteau. 2004. Maduración y madurez de la uva. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Bluske, I. 2008. Los vinos de altura. In: http://vinosdealtura.es/img/pdf/producción.pdf; consulted: January, 2010.

Bodin, F., R. Morlat. 2006. Characterization of viticultural terroirs using a simple field model I. Validation of the water supply regime, phenology and vine vigour in Anjou vineyard (France). Plant Soil 281, 37–54.

Boss, P.K., C. Davies. 2001. Molecular biology of sugar and anthocyanin accumulation in grape berries. In: Roubelakis-Angelakis, K.A. (ed.), Molecular biology and biotechnology of grapevine, 1-33. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Conde, C., A. Agasse, D. Glissant, R. Tavares, H. Gerós, S. Delrot. 2006. Pathways of glucose regulation of monosaccharide transport in grape cells. Plant Physiol. 141, 1563-1577.

Conde, C., P. Silva, N. Fontes, A.C.P. Dias, R.M. Tavares, M.J. Sousa, A. Agasse, S., Delrot, H. Gerós. 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. Food 1(1), 1-22.

Coombe, B.G. 1992. Research on development and ripening of the grape berry. Amer. J. Enol. Viticult. 43, 101-110.

Coombe, B.G. 1976. The development of fleshy fruits. Ann. Rev. Plant Physiol. 27, 207-228.

Coombe, B.G. 1960. Relationship of growth and development to changes in sugars, auxins and gibberellins in fruit of seeded and seedless varieties of *Vitis vinifera*. Plant Physiol. 35, 241-250.

De Bolt, S., D.R., Cook, y C.M. Ford. 2006. L-Tartaric acid synthesis from vitamin-C in higher plants. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 103, 5608-5613.

Dokoozlian, N.K. 2000. Grape berry growth and development. In: Raisin production manual, 30-37. University of California, Agricultural and Natural Resources Publication 3393, Oakland, CA.

Fillion, L., A., Ageorges, S. Picaud, P. Coutos-Thevenot, R. Lemoine, C. Romieu, S. Delrot. 1999. Cloning and expression of a hexose transporter gene expressed during the ripening of grape berry. Plant Physiol. 120, 1083-1093.

Gil, G.F. 2004: Fruticultura: Madurez de la fruta y manejo poscosecha. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.

Giribaldi, M., W. Hartung, A. Schubert. 2010. The effects of abscisic acid on grape berry ripening are affected by the timing of treatment. J. Int. Sci. Vigne Vin (Special issue Macrowine), 9-15.

Gonçalves, C.A.A., L.C.O. Lima, N.N.J. Chalfun, M.A. Regina, A.A. Alvarenga, M.T. Souza. 2002. Fenologia e qualidade do mosto de videiras 'Folha de Figo' sobre diferentes porta-enxertos, em Caldas, sul de Minas Gerais. Ciência Agrotecnol. 26(6), 1178-1184.

Grange, R. 1996. Crecimiento del fruto. In: AZCÓN-BIETO, J. and TALÓN, M. (eds.), Fisiología y bioquímica vegetal, 449-462. Interamericana-McGraw-Hill, Madrid.

Grangeiro, L.C., P.C.S. Leão, J.M. Soares. 2002. Caracterização fenológica e produtiva da variedade de uva Superior Seedless cultivada no Vale do São Francisco. Rev. Bras. Frutic. 24(2), 552-554.

Gris, E.F., V.M. Burin, E. Brighenti, H. Vieira, M.T. Bordignon-Luiz. 2010. Phenology and ripening of *Vitis vinifera* L. grape varieties in São Joaquim, southern Brazil: a new South American wine growing region. Cien. Inv. Agr. 37(2), 61-75.

Hardy, P.J. 1968. Metabilsim of sugars and organic acids in immature grape berries. Plant Physiol. 43, 224-228.

Herrmann, K. 2001. Inhalsstoffe von Obst und Gemüse. Ulmer Verlag, Stuttgart.

Hernández, A. 2000. Introducción al vino de Chile. Colección en Agricultura de la Facultad de Agronomía e Ingeniería forestal. Pontifica Universidad Católica de Chile, Santiago.

Hidalgo, L. 2002. Tratado de viticultura general. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Hunt, R. 1990. Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners. Unwin Hyman, Boston.

Jubileu, B. da S., A.J. Sato, S.R. Roberto. 2010. Caracterização fenológica e produtiva das videiras 'Cabernet Sauvignon' e 'Alicante' (*Vitis vinifera* L.) produzidas fora de época, no norte do Paraná, Rev. Bras. Frutic. 32(2), 451-462.

Mantovani, M., A.R. Ruschel, M. Sedrez dos Reis, A. Puchalski, R.O. Nodari. 2003. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundáriada floresta Atlântica. Rev. Árvore 27, 451-458.

Morlat, R., F., Bodin. 2006. Characterization of viticultural terroirs using a simple field model based on soil depth – II. Validation of the grape yield and berry quality in the Anjou vineyard (France). Plant Soil 281, 55-69.

Mullins, M.G., A. Bouquet, L.E. Williams. 1992. Biology of the grapevine. Cambridge University Press, New York.

Opara, L.U. 2000. Fruit growth measurement and analysis. Hort.Rev. 24, 373-431.

Osterloh, A., G. Ebert, W.H. Held, H. Schulz, E. Urban. 1996. Lagerung von Obst und Südfrüchten. Verlag Ulmer, Stuttgart.

Quijano, M. 2004. Ecología de una conexión solar. De la adoración del sol al desarrollo vitivinícola regional. Cultura Científica 2, 5-9.

Reynier, A. 1995. Manual de viticultura. 5th ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Rizzon, L.A., A. Miéle. 2002. Avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. Ciênc.Tecnol. Aliment. 22(2), 192-198.

Salazar, D.M., P. Melgarejo. 2005. Viticultura. Técnicas del cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Santos, C.E., S.R. Roberto, A.J. Sato, B.S. Jubileu. 2007. Caracterização da fenologia e da demanda térmica das videiras 'Cabernet Sauvignon' e 'Tannat' para a região norte do Paraná. Acta Scientiarum 29(3), 1-366.

Taiz, L., E. Zeiger. 2006. Plant physiology. 4th. ed. Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland.

Webb, L.B., P.H. Whetton, E.W.R. Barlow. 2007. Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. Aust. J. Grape Wine Res. 13, 165-175.

5. Caracterización fisicoquímica durante el crecimiento y desarrollo de frutos de vid (*Vitis vinifera* L.) bajo condiciones del trópico alto*

Pedro José Almanza M., Marco Antonio Quijano-Rico, Gerhard Fischer, Bernardo Chaves C. y Helber Enrique Balaguera-López

5.1 Resumen

La vid para elaboración de vino es originaria de climas templados. En Colombia se cultiva en el departamento de Boyacá entre los 2.200 y 2.560 msnm. Bajo estas condiciones, se desconoce el comportamiento fisicoquímico del fruto de uva y el momento óptimo de cosecha en función de la acumulación de grados día de crecimiento (GDC). Por tanto, se realizó la caracterización fisicoquímica durante el crecimiento y desarrollo del fruto de vid variedad 'Pinot Noir', en Nobsa (Colombia). Desde el día 21 después de antesis (DDA) hasta la sobremaduración, se recolectaron semanalmente tres racimos evaluando parámetros fisicoquímicos en 20 bayas/racimo. Durante el crecimiento y desarrollo del fruto se acumularon 826,2 GDC (126 DDA). La acumulación de masa seca y fresca siguió una curva doble sigmoide. Hubo una disminución del pH, sólidos solubles totales (SST) e índice de madurez tecnológica, IMT (SST/ATT), y un aumento de la acidez total titulable (ATT) durante el inicio del crecimiento, después de este momento y hasta la

*Artículo publicado en la revista Agronomía Colombiana 28(2), 173-180, 2010.

cosecha el pH, SST e IMT aumentaron y la ATT disminuyó. Con base en la masa fresca, los SST y el IMT, el punto óptimo de cosecha es a los 800,6 GDC.

Palabras clave: viticultura tropical, acumulación de temperatura, estados fenológicos.

5.2 Abstract

The grape for wine making is native of temperate climates. In Colombia is grown in the department of Boyaca between 2,200 and 2560 meters above sea level. Under these conditions, it is unknown the physicochemical behavior of the grape fruit and the optimum time of harvest in terms of the accumulation of growing degree days (GDD). Therefore, it was made the physicochemical characterization during growth and fruit development of grape fruit variety 'Pinot Noir', in Nobsa (Colombia). From day 21 after anthesis (DAA) to the overmaturing stage were collected weekly three clusters to evaluate physicochemical parameters in 20 berries/cluster. During growth and fruit development accumulated 826.2 GDD (126 DAA). The accumulation of fresh and dry mass followed a double sigmoid curve. There was a decrease in pH, total soluble solids (TSS) and technological maturity index, TMI (TSS/TTA), but an increase of the total titratable acidity (TTA) during early growth. After this phase and until harvest pH, TSS and IMT increased and TTA decreased. Based on the fresh mass, the SST and the TMI, the optimum point of harvest occur at 800.6 GDD.

Key words: tropical viniculture, temperature accumulation, phenological stages.

5.3 Introducción

La vid (*Vitis vinifera* L.) es originaria de la zona templada del Asia occidental, en donde produce una cosecha al año. Esta especie se cultiva en los cinco continentes, donde Europa es el de mayor área sembrada con 4.9000.000 ha. En América, se destacan por su producción y área cultivada países como Chile, Argentina, Brasil, Perú y Uruguay (OIV, 2005). En Colombia bajo condiciones de clima frío tropical, los principales productores de vid para producción de vino se encuentran en el departamento de Boyacá en altitudes entre 2.200 y 2.560 msnm., donde se ha cultivado durante los últimos 24

años, logrando hasta dos cosechas al año, gracias al manejo y a las condiciones agroclimáticas (Quijano, 2004).

Un vino de calidad procede de una uva de calidad, aspecto en el que inciden varios factores: el ambiente, la variedad, el clima y las prácticas culturales, todos ellos interactuando, para que la cantidad y composición de los azúcares y las sustancias aromáticas se manifiesten en la maduración del fruto. Las señales químicas fundamentales que conforman los atributos sensoriales del vino resultan de las interacciones complejas territorio - cepa - hombre que resume el término francés “terroir” (Quijano, 2006).

La selección de variedades de vid para una región o el estudio genotipo ambiente requiere de investigaciones de la fenología del cultivo (Mullins *et al*., 1992), debido a que la duración y el comportamiento de las fases fenológicas está directamente relacionada con el clima de la región (Chavarria *et al*., 2009). Al respecto, Jones y Davis (2000) y Tesic *et al*. (2002) afirman que el tiempo entre estadios fenológicos varía con el cultivar, con el clima y con la localización geográfica. Este análisis es también una herramienta importante para interpretar la interacción del cultivo con las condiciones del microclima en el cual se encuentra (Terra *et al*., 1998). Además, la caracterización fisicoquímica y térmica de la vid durante el crecimiento y desarrollo del fruto es necesaria para la programación de prácticas culturales como fertilización, riego, control fitosanitario y realización de la cosecha (Mullins *et al*., 1992).

Al caracterizar el crecimiento y la maduración del fruto de la vid se distinguen tres fases diferentes:

Fase I o período herbáceo: la baya comienza su evolución, es de color verde con gran capacidad fotosintética y de consistencia dura. Se extiende desde la formación del fruto hasta el inicio del envero. Durante esta etapa el cambio principal se manifiesta por un rápido aumento en el tamaño del fruto, consecuencia de la división celular (Agustí, 2000; Reynier, 1995; Hidalgo, 2002). Terminada esta fase, se presenta el envero que tiene una duración corta, se caracteriza por una leve detención del crecimiento, y por el cambio de color de la epidermis, que pasa en ‘Pinot Noir’, del verde al rojo claro, por pérdida del

contenido de clorofila y síntesis de antocianos. El desarrollo de la semilla compite con el del fruto, se alcanza la madurez fisiológica y se da inicio a síntesis de pectinas (Ribereau-Gayon *et al*., 2002; Winkler *et al*., 1974).

Fase II, periodo de maduración: la baya cambia de color, engrosa de nuevo y se comporta como un órgano de transformación y, sobre todo, de almacenamiento. En esta etapa, la uva comienza un periodo de evolución rápida de sus características físico-químicas (Salazar y Melgarejo, 2005).

Fase III, periodo de sobremaduración: se caracteriza por que la uva pierde agua por efecto de la transpiración. No hay acumulación de azúcar y se presenta disminución de la acidez, resultado del bajo aporte de las fuentes y el posible incremento de la respiración. Según Reynier (1995), la disminución de la acidez hace perder calidad en los vinos. La evolución y disminución de la acidez son dependientes de las condiciones climáticas y de la variedad. De Rosa (1998) menciona que grandes vinos se hacen con frutos en estado de sobremaduración.

En los frutos, estas fases se pueden apreciar mediante la evaluación de parámetros fisicoquímicos como masa fresca y seca, pH, acidez total y contenido de sólidos solubles (Salisbury y Ross, 1994) y representados bajo la modalidad de una curva doble sigmoide para el caso de la uva (Agustí, 2000; Winkler *et al*., 1974).

Para la interpretación de los contenidos de sustancias que indican la calidad de la baya se utilizan índices bioclimáticos. La temperatura controla la tasa de desarrollo de muchos organismos que requieren la acumulación de cierta cantidad de calor para pasar de un estadio a otro en su ciclo de vida. Según Rodríguez y Flórez (2006), la medida de este calor acumulado se conoce como tiempo fisiológico y se expresa en unidades llamadas grados día de crecimiento (GDC). Stenzel *et al*. (2006) afirman que la suma térmica es uno de los métodos más frecuentes para relacionar la temperatura con el desarrollo de la planta que también se define como grados-día de crecimiento acumulados, que es la suma de las temperaturas diarias por encima de una temperatura base y por debajo de un umbral de una temperatura máxima de la planta para finalizar completamente su ciclo o para alcanzar un estado fenológico (Souza, 1990). De acuerdo con Champagnol (1984)

e Hidalgo (2002), con temperaturas superiores a 10ºC, la brotación de la vid se presenta en forma progresiva, considerándose este valor como la temperatura base.

En la zona tropical cálida la temperatura se mantiene constante en un rango promedio de 20 a 30ºC, lo que permite que los fenómenos fenológicos se realicen en un corto tiempo, en comparación con los climas templados y subtropicales (Valor y Sánchez, 2003). Los valles altos de los Andes poseen microclimas que determinan la posibilidad de cultivar exitosamente una amplia gama de frutales, como es el caso de *V. vinifera*, en la cual, la interacción del clima con el genotipo permite obtener frutos con características fisicoquímicas favorables para la obtención de frutos de calidad. Sin embargo, en la variedad de vid 'Pinot Noir' se desconoce el comportamiento fisicoquímico del fruto en función de la acumulación de grados día de crecimiento en condiciones del trópico alto en la Loma de Puntalarga, Boyacá. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue realizar la caracterización fisicoquímica de dicha variedad de vid durante el crecimiento y desarrollo del fruto en tiempo fisiológico bajo condiciones del trópico alto.

5.4 Materiales y métodos

La investigación se realizó en el viñedo "Loma de Puntalarga", en Nobsa, Boyacá (Colombia), situado a 5°46'47,1" N y 72°58'36,5" W a 2.560 msnm. El clima de la zona se caracterizó por presentar una temperatura promedio durante la investigación de 16,5°C y precipitación bimodal promedio de 830 mm año^{-1}, con dos picos ubicados entre abril-mayo y octubre-noviembre. Existe escasa nubosidad y una insolación de 476 cal cm^{-2} en 6,5 h d^{-1}. Los suelos son de textura liviana, del tipo franco-arenoso, cementados por óxidos de hierro y fertilidad natural baja (Quijano, 2006). Se realizan riegos mediante aspersión de acuerdo con las necesidades y la fenología del cultivo.

Los frutos del genotipo, objeto de estudio, es la actual selección clonal de *Vitis vinifera* L. 'Pinot Noir', variedad ampliamente cultivada en la región y de la cual se elabora vino de alta calidad (Quijano, 2001). Las plantas tienen una edad de 23 años y están plantadas a distancia de 1,20 x 2,0 m, con sistema de conducción tipo Guyot simple en espaldera con tres alambres. Se seleccionaron y marcaron 51 racimos florales que el mismo día estuvieran en antesis y siguiendo el procedimiento establecido por Bautista y Vargas

(1981), cada 7 días se cosecharon aleatoriamente 3 racimos desde el día 21 después de antesis (DDA) hasta completar el desarrollo del fruto. Se obtuvieron 20 bayas/racimo (10 para evaluaciones químicas y 10 para físicas), para un total de 1.020 frutos evaluados, metodología propuesta por Bordeu y Scarpa (1998).

Para observar el efecto de la acumulación de grados día de crecimiento, la investigación se apoyó en la toma de registros de temperaturas mediante un data logger Tecpel modelo 322, ubicado dentro del viñedo. Los GDC se calcularon siguiendo la metodología usada por Rodríguez y Flórez (2006), mediante la fórmula: $GDC = \left({(T\max + T\min)}/{2} \right) - Tbase$, donde Tmax, temperatura máxima diaria del aire; Tmin, temperatura mínima diaria del aire; la Tbase, es la temperatura en que el proceso metabólico del fruto de vid es mínimo. Esta temperatura corresponde a 10ºC (Reyner, 1995; Champagnol, 1984; Hidalgo, 2002; Winkler *et al*., 1974).

Las variables respuesta del fruto fueron: masa fresca mediante medición directa con balanza de precisión 0,01g; masa seca: masa de los frutos después de someterlos en una mufla a 75ºC durante 48 h; pH: se determinó con un potenciómetro; sólidos solubles totales (SST), evaluados con un refractómetro manual marca Atago y expresados en grados Brix; acidez total titulable (ATT), mediante la titulación con NaOH 0,1 N hasta pH 8,2 y se expresó como ácido tartárico (AOAC, 1990); índice de madurez técnica (IMT= SST/ATT); se calculó la tasa absoluta de crecimiento (TAC) y la tasa relativa de crecimiento (TRC) siguiendo la metodología utilizada por Carranza *et al*. (2009).

Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva, por lo cual, se determinó el promedio y el error estándar. Se ajustaron modelos estadísticos para las diferentes variables con respecto a los GDC. En el análisis de los datos se utilizó el programa SAS v. 8e. (Cary, N.C).

5.5 Resultados y discusión

5.5.1 Características físicas

Las masas seca y fresca presentaron una tendencia de crecimiento de tipo doble sigmoide. El comportamiento de estos pesos se explica mediante dos modelos logísticos de crecimiento en cada caso, el primer modelo explica el crecimiento desde 195,8 GDC hasta 565,8 GDC, este último punto corresponde al final del envero y el segundo modelo corresponde al crecimiento desde 565,8 GDC hasta 826,2 GDC en la masa seca y hasta los 800,6 GDC en la masa fresca; después de este valor los frutos se deshidrataron y perdieron masa fresca de forma considerable por lo cual no se tuvieron en cuenta para el ajuste del modelo (Fig. 5-1A y 5-4). El crecimiento doble sigmoide encontrado para la variedad Pinot Noir también fue reportado en uva por Almanza-Merchán y Balaguera-López (2009) y Opara (2000) y se caracteriza por presentar dos periodos de rápido crecimiento que están separados por un periodo de lento o nulo crecimiento (Opara, 2000).

Durante el periodo herbáceo se acumularon un total de 486,2 GDC con una duración de 63 DDA, el crecimiento ocurrió en principio, más por división que por elongación celular (Hidalgo, 2002; Salazar y Melgarejo, 2005). En esta etapa el incremento de masa fresca y seca fue lento, inició con 0,048 ± 0,00057 g y 0,0056 ± 0,00088g a los 195,8 GDC (21 DDA) y al final del periodo fue de 0,85 ± 0,041 y 0,064 ± 0,0034 g respectivamente (Fig. 5-1A y 5-4).

En la fase de envero, el fruto tuvo una acumulación de 79,6 GDC (14 días) que ocurrió desde 486,2 hasta 565,8 GDC (Fig. 5-1 y Tab. 5-1), la ganancia tanto en masa fresca como seca fue más lenta y presentó, una leve detención del crecimiento, tal como lo reportan Salazar y Melgarejo (2005) y Ribereau-Gayon *et al*. (1998). Este periodo se caracterizó por el cambio de color del fruto verde hacia rojo tinto, pasando por rojo claro.

El periodo de maduración inició a los 565,8 GDC (77 DDA), caracterizándose según Hidalgo (2002), por su rápida ganancia en masa y, en consecuencia, crecimiento celular y la acelerada evolución de los componentes bioquímicos de la uva. La terminación de este periodo se dio a los 800,6 GDC (112 DDA) (Fig. 5-1). El periodo acumuló 234,8 GDC en 35 días (Tab. 5-1).

Figura 5-1: Comportamiento de masa seca (A), Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) y Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) (B) en frutos de uva 'Pinot Noir' durante su crecimiento y desarrollo.
Y_1: ecuación del modelo logístico que explica la acumulación de masa seca de los 195,8 a los 565,8 GDC; RMSE: cuadrado medio del error residual

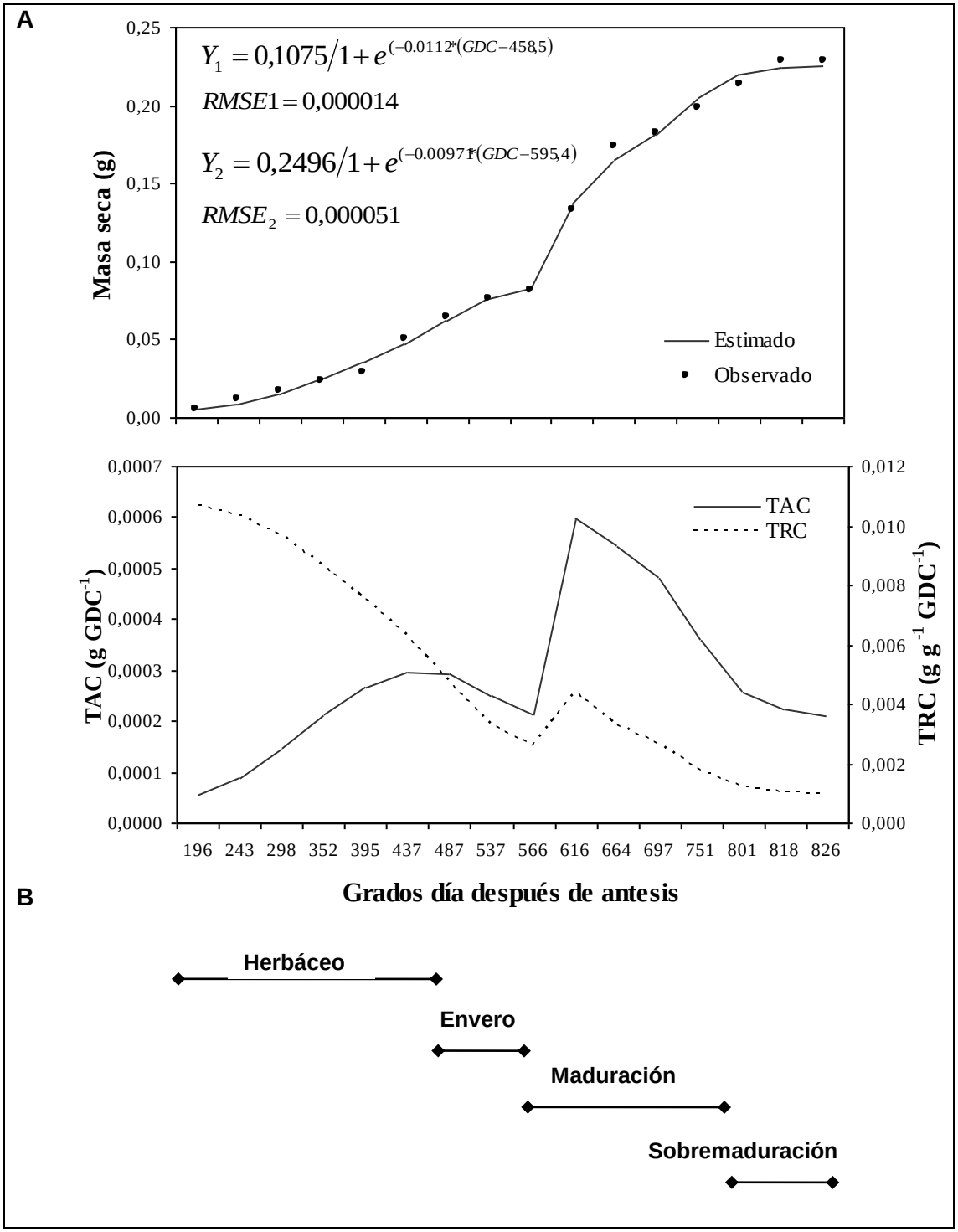


Tabla 5-1: Duración de los estadios fenológicos durante el crecimiento y desarrollo del fruto de vid 'Pinot Noir' en Puntalarga, Boyacá.

Estadio	Duración	GDC	DDA	Duración
Herbáceo	486,2	0 - 486,2	0 - 63	63
Envero	79,6	486,2 - 565,8	63 - 77	14
Maduración	234,8	565,8 - 800,6	77 - 112	35
Sobremaduración	25,6	800,6 - 826,2	112 - 126	14

GDC: grados-día de crecimiento; DDA: días después de antesis.

Siguiendo la tendencia de los viticultores, que buscan mayores precios de la producción; en la investigación se mantuvo el periodo de sobremaduración en la planta durante 14 días, observándose en los frutos evaluados un leve aumento en la masa seca (Fig. 5-1A) y una representativa reducción de masa fresca (Fig. 5-4), debido a la pérdida de agua por transpiración, lo cual concuerda con las investigaciones de During *et al*. (1987), quienes señalaron que los frutos decrecen en masa fresca desde los 95 días después de floración. En esta etapa se acumularon 25,6 GDC.

La tasa absoluta de crecimiento representa el incremento en tamaño por unidad de tiempo (Opara, 2000), esta tasa presentó un continuo aumento desde la formación del fruto hasta los 458,5 GDC (0,0003 g/GDC), luego disminuyó de forma rápida hasta los 565,8 (0,00021398 g/GDC), para luego aumentar y alcanzar su valor máximo a los 595,4 GDC, donde alcanzó un valor de 0,00060528 g/GDC, después de este momento disminuyó drásticamente hasta la cosecha (Fig. 5-1B), los dos puntos máximos de la TAC se presentaron porque la masa seca siguió una curva doble sigmoide, en frutos que siguen un patrón sigmoide simple, la TAC generalmente presenta un solo punto máximo, aproximadamente hacia la mitad del crecimiento (Opara, 2000).

El primer pico de la TAC corresponde con la mayor acumulación de masa seca durante el periodo herbáceo de la primera fase sigmoide, y el segundo pico se dio al inicio de la maduración y explica la mayor velocidad de ganancia masa seca no solo de la segunda fase sigmoide, sino también de todo el crecimiento. La disminución de la TAC después del primer punto máximo coincide con el envero y la disminución al final corresponde con el final de la maduración y la sobremaduración, periodos caracterizados por baja

ganancia de masa seca (Fig 5-1). Al respecto, DeJong y Goudriaan (1989) afirman que el primer pico de la TAC depende la división y diferenciación celular y el segundo pico de la elongación celular y maduración. Resultados similares en la TAC fueron encontrados en *Vaccinium corymbosum* L. fruto que también se ajusta a una curva doble sigmoide (Godoy *et al*., 2008).

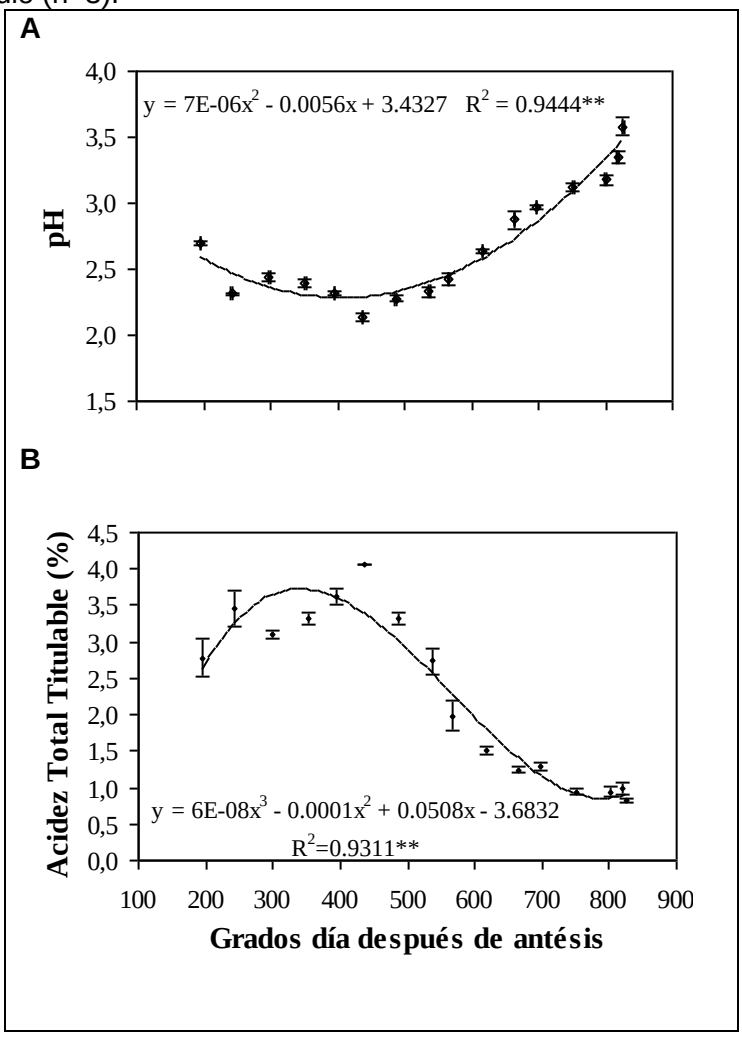
Según Carranza *et al*. (2009), la tasa relativa de crecimiento expresa el incremento en masa seca de la planta (en este caso del fruto) en un intervalo de tiempo dado, tomando como referencia el valor inicial de la masa seca producida y acumulada, por lo cual, la TRC tiende a disminuir durante el crecimiento. La TRC tuvo su valor máximo a los 195,8 GDC con 0,0106 g/g/GDC, disminuyó drásticamente hasta el final del envero (0,0026 g/g/GDC), en el inicio de la maduración tuvo un leve incremento hasta los 595,4 GDC, lo cual coincidió con la mayor TAC, y nuevamente disminuyó hasta el final de la sobremaduración, momento en el que alcanzó su valor más bajo (0,0009 g/g/GDC) (Fig. 5-1B). El comportamiento de la TRC coincide con el reportado por Staud *et al*. (1986) para frutos uva cv. Bacchus y por Godoy *et al*. (2008) en frutos de *Vaccinium corymbosum* L.

5.5.2 Características químicas

El pH presentó un comportamiento que se ajustó a un modelo cuadrático, el cual se caracterizó por una disminución desde 195,8 hasta 437,2 GDC con valores pH de 2,69 ± 0,0088 y 2,13 ± 0,028 respectivamente. En esta fase el fruto tiene una respiración activa y gran capacidad de síntesis de ácido tartárico y málico (Salazar y Melgarejo, 2005). Al final el pH alcanzó un valor de 3,58 ± 0,066, este aumento se presentó por la degradación de ácidos orgánicos y mayor acumulación de azúcares (Fig. 5-2B y 5-3A). Plane *et al*. (1980), mencionan que el pH de los frutos de uva, para elaboración de vino, debe situarse entre 3,1 y 3,7; pues valores superiores o inferiores afectan el color de los vinos. En la investigación este valor se encontró a partir de los 751,3 GDC ó 105 DDA (Fig. 5-2A). Almanza-Merchán y Balaguera-López (2009) en sus investigaciones con la misma variedad reportan un comportamiento similar para el pH, el cual, según estos autores, comenzó a aumentar después del envero.

El pH celular es muy importante en la regulación del metabolismo; en frutos, más del 90% del volumen celular ocupa la vacuola, la cual, usualmente, es muy ácida, con pH inferior a 5 (Nanos y Kader, 1993). Para el caso de la uva valores inferiores a 2 pueden presentar problemas con la estabilidad microbiológica del vino (Plane *et al*., 1980). El factor más importante en la extracción de aromas es el pH, por lo cual, durante la maduración del fruto de uva se debe hacer un seguimiento de este parámetro. Según Vine (1997), los sabores de uvas inmaduras con pH entre 3,2 y 3,3, sufren de acidez total elevada. Sin embargo, un pH más alto favorece el crecimiento de levaduras y bacterias indeseables. En consecuencia la limitante en la preservación del aroma de la fruta es la habilidad de quien elabora el vino.

Figura 5-2: Comportamiento de pH (A) y acidez total titulable (B) en frutos de uva 'Pinot Noir' durante su crecimiento y desarrollo. Las barras verticales indican el error estándar de cada promedio (n=3).

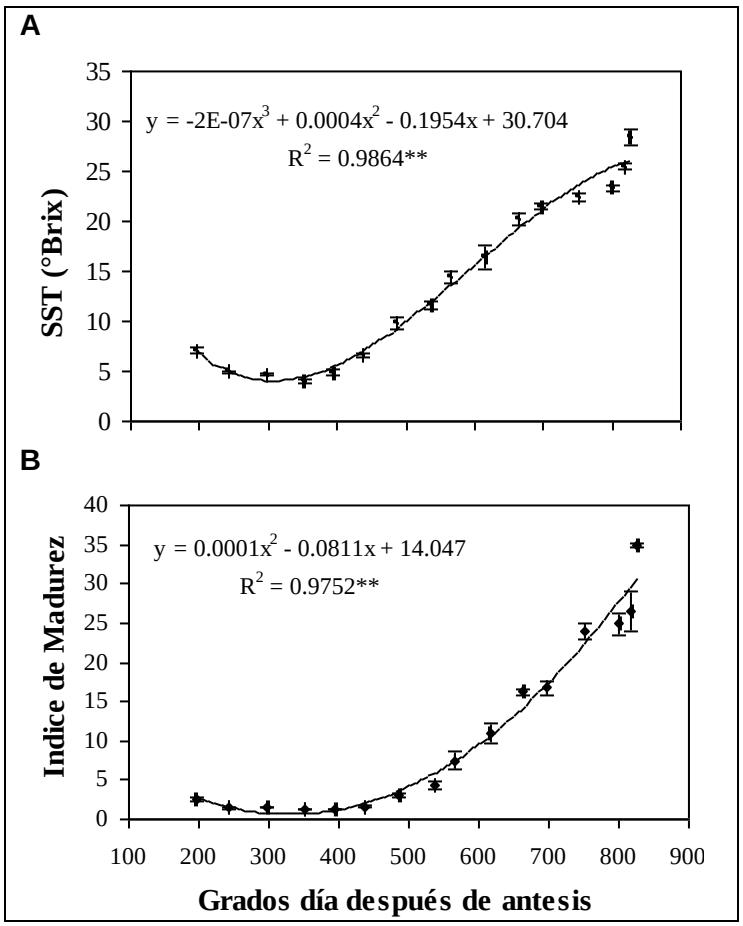


La variación de los SST durante el crecimiento y desarrollo de la uva se ajustó a un polinomio de tercer grado, que se caracterizó por una leve disminución hasta los 351,8 GDC y luego aumentó considerablemente hasta la cosecha, no obstante, el incremento de SST durante el periodo herbáceo en frutos de 'Pinot Noir' es lento, termina con 9,76 ± 0,65 ºBrix. Cuando inicia el envero empieza una verdadera ganancia de SST, desde 9,76 ºBrix cuando se han acumulado desde 486,8 hasta 664,2 GDC con 20,1 ± 0,59 ºBrix, a partir de este momento la acumulación fue más lenta hasta llegar a la madurez de cosecha con 23,3 ± 0,24 ºBrix y una acumulación de 800,6 GDC. Sin embargo, en el periodo de sobremaduración se presentó otro incremento considerable de los SST, debido a que los frutos como ya se mencionó, perdieron masa fresca, pero por efecto de concentración aumentaron los SST hasta 28,4 ± 0,8 ºBrix (Fig. 5-3A). Los valores de los SST encontrados en esta investigación, son similares a los reportados por Almanza-Merchán y Balaguera-López (2009) y Williams *et al*. (1985).

Si la vendimia se efectúa más tarde, cuando el fruto contiene mayor cantidad de SST y menor peso, se puede aumentar la calidad del vino. La disminución de la acidez puede incluso mejorar su aceptabilidad, pues algunos consumidores desean niveles inferiores. Se debe destacar que durante esta época se presentaron elevadas temperaturas en la región, contribuyendo a acelerar el proceso de sobre madurez.

La ATT se comportó siguiendo un modelo polinómico cúbico. Desde 195,8 GDC hasta 437,2 se observó un incremento pronunciado de la ATT, donde alcanzó un valor de 4,068 ± 0,0043 %, lo cual se explica porque durante esta etapa, que corresponde al periodo herbáceo, la biosíntesis de ácidos orgánicos como el tartárico y el málico es alta (Reynier, 1995). Después de este punto, la ATT disminuyó drásticamente hasta los 751,3 GDC y luego más lentamente hasta la cosecha (826,2 GDC) con valores de 0,93 ± 0,041 % y 0,81 ± 0,03 % respectivamente (Fig. 5-2B). En uva se reporta que la acidez disminuye por la transformación del ácido málico en otros compuestos, por respiración, por la dilución debida a la acumulación de agua y por la migración de bases procedentes de las raíces que aumentan la alcalinidad de las cenizas (Reynier, 1995).

Figura 5-3: Comportamiento de sólidos solubles totales (A) e índice de madurez tecnológico (SST/ATT) (B) en frutos de uva 'Pinot Noir' durante su crecimiento y desarrollo. Las barras verticales indican el error estándar de cada promedio (n=3).



Bluske (2008) menciona que en regiones elevadas, los valores de acidez málica son altos y bajos en acidez tartárica debido a que hay una mayor respiración del ácido tartárico durante la maduración, que desbalancea la relación de estos ácidos en el vino. Esto implica que se debe tener cuidado durante la fermentación maloláctica, ya que se pueden generar vinos demasiado suaves. Este mismo autor reporta que los valores de acidez titulable de la uvas tintas fluctúa entre los 7 y 10 g L^{-1} (0,7 a 1,0%) expresada en ácido tartárico, lo que coincide con los resultados de esta investigación, que con una acumulación de 803,8 GDC en 112 DDA, presentó una acidez titulable de 0,94 % (Fig. 5-2B).

Una forma sencilla de determinar el momento óptimo de cosecha es acompañar los métodos tradicionales que emplean los viticultores con un seguimiento de la masa fresca de la baya. Durante el estadio herbáceo el incremento de la masa seca es relativamente lento, y muy lento durante el envero, en donde el crecimiento lo hace la semilla. Desde el envero, la masa fresca aumentó constantemente hasta un momento en el cual comenzó a disminuir por deshidratación y por la misma razón hubo un aumento aparente de la concentración de grados Brix (Fig. 5-4).

La mayor masa fresca de la baya (1,55 g) se logró a los 105 DDA, cuando acumuló 751,3 GDC, a partir de este momento comenzó a decaer debido a la deshidratación del fruto por transpiración (Coombe y Mc Carthy, 2000). La curva de masa fresca se cruzó con la de SST entre los 800,6 y 818,3 GDC (Fig. 5-4), por lo cual, este puede ser un criterio importante para definir el momento óptimo de cosecha, pues se tiene un valor de masa fresca considerable que coincide con el período en que los SST alcanzan el valor recomendado (23 a 24 ºBrix) para vendimias de uvas con destino a la elaboración de vinos de calidad (Reynier, 1995).

Para determinar el momento de la vendimia de la uva se utilizan varios criterios, siendo el índice de madurez tecnológica uno de los más utilizados. El IMT muestra una curva cuadrática que desciende desde los 195,8 hasta los 351,8 GDC, lo que concuerda con el aumento de la acidez durante este periodo. De aquí en adelante (351,8 GDC), se observó un aumento continuo y representativo del IMT hasta los 826,2GDC, momento en el que alcanzó un valor de 34,88 ± 0,34 (Fig. 5-3B), determinado por la degradación de ácidos orgánicos y el aumento de SST.

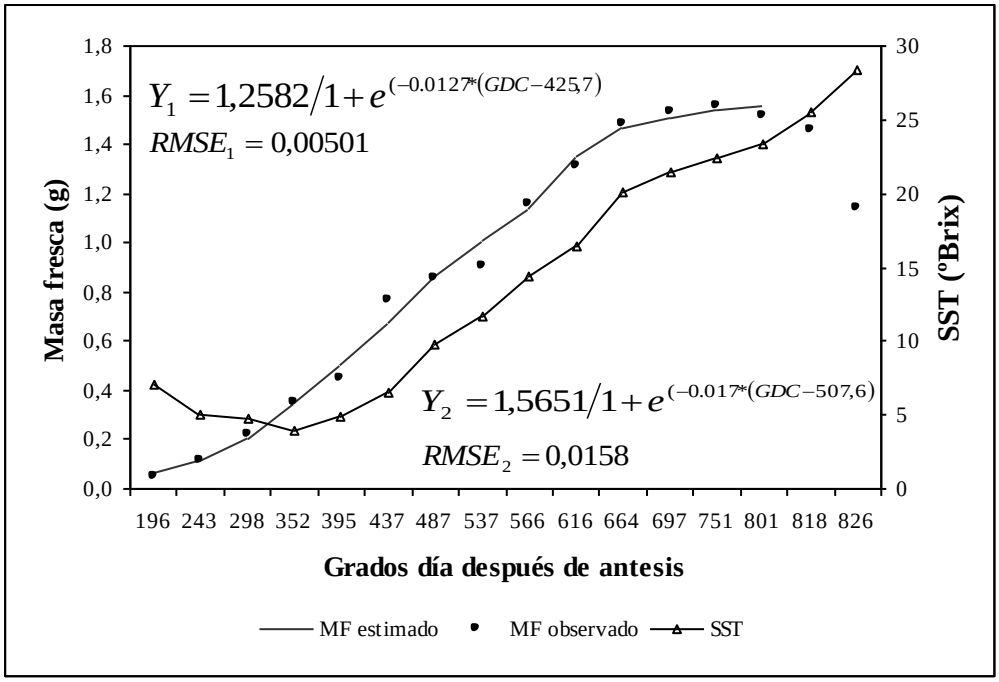
Los altos contenidos de SST y la baja ATT pueden presentar problemas con la estabilidad microbiológica, lo que puede afectar el color del vino. De acuerdo con Paoletti (2003), el análisis sensorial es de importancia fundamental, para confirmar los datos analíticos, pues una adecuada evaluación sensorial de la uva en la fase de maduración, puede confirmar o negar las impresiones sensoriales.

El comportamiento observado para el IMT fue previamente observado por Almanza-Merchán y Balaguera-López (2009), quienes afirman la uva Pinot Noir puede ser

cosechada en condiciones agroecológicas de la Loma de Punta Larga (Boyacá) a los 126 DDA, momento en el que presenta un IMT de 21,43, SST de 24,4 ºBrix, una ATT de 1,14% y pH de 3,33 y correspondió al inicio de la sobremaduración; sin embargo, este mismo tiempo en el presente estudio correspondió al final de la sobremaduración, lo cual se explica porque durante las dos investigaciones las condiciones ambientales (principalmente la temperatura) fueron diferentes, esto demuestra la importancia de utilizar una medida más objetiva como lo son los GDC. Al respecto, y corroborando lo mencionado en la relación masa fresca/SST, este cultivar puede ser cosechado desde los 800,6 GDC con un IMT=24,87 ± 1,47, SST=23,33 ± 0,24 ºBrix, ATT=0,94 ± 0,06%, pH=3,18 ± 0,03, masa seca=0,21 ± 0,0057g y una masa fresca=1,51 ± 0,01 g.

Figura 5-4: Comportamiento de la masa fresca y los SST en uva 'Pinot Noir' durante su crecimiento y desarrollo.

Y_2: de los 565,8 a los 826,2 GDC en A. Y_1: ecuación del modelo logístico que explica la acumulación de masa fresca de los 195,8 a los 565,8 GDC y Y_2: de los 565,8 a los 800,6 GDC; RMSE: cuadrado medio del error residual



5.6 Literatura citada

Agustí, M. 2000. Crecimiento y maduración del fruto. pp. 419-433. En: Azcon-Bieto, J. y M. Talón (eds.). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

Almanza-Merchán, P. y H. E. Balaguera-López. 2009. Determinación de los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones del altiplano tropical en Boyacá. Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica 12(1), 141-150.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Bordeu, E. y J. Scarpa, 1998. Análisis químico del vino. Impresos Universitaria S.A., Santiago, Chile.

Buttrose, M. 1974. Climatic factors and fruitfulness in grapevines - a review. Hort. Abstr. 44, 319-326.

Bluske, I. 2008. Los vinos de altura. En: htpp://vinosdealtura.es/img/pdf/producción.pdf; consulta: 08 de enero de 2008.

Bautista, D. y G. Vargas. 1981. Estudio del ciclo y determinación de los requerimientos heliotérmicos de algunas variedades de vid en condiciones tropicales. Agronomía Tropical 31(1-6), 1-13.

Carranza, C., O. Lanchero, D. Miranda y B. Chaves. 2009. Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) “Batavia” cultivada en un suelo salino de la sabana de bogota. Agron. Colomb. 27(1), 41-48.

Champagnol, F. 1984. Elements de physiliogie de la vigne et de viticulture general. Ed. Dehan, Monpellier, Francia.

Chavarria, G., H. P. Dos Santos, F. Mandelli, G. A. Bettio, H. Bergamaschi y L. S. Cardoso. 2009. Caracterização fenológica e requerimento térmico da cultivar moscato giallo sob cobertura plástica. Rev. Bras. Frutic. 31(1), 119-126.

Coombe, B. y M. McCarthy. 2000. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. Aust. J. Grape Wine Res. 6, 131-135.

DeJong, T.M. y J. Goudriaan. 1989. Modeling peach fruit growth and carbohydrate requirements: reevaluation of the double-sigmoid growth pattern. J. Am. Soc. Hort. Sci 114 (5), 800-804.

De Rosa, T. 1998. Tecnología de los vinos blancos. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

During, H., A. Lang y F. Oggionni. 1987. Patterns of wáter flow in Riesling berries in relation to developmental changes in their xylem morphology. Vitis 26, 123-131.

Godoy, C., G. Monterubbianesi y J. Tognetti. 2008. Analysis of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruit growth with exponential mixed models. Scientia Horticulturae 115(4), 368–376

Hidalgo, L. 2002. Tratado de viticultura general. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Jones, G.R. y E. Davis, 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. Amer. J. Enol. Vitic. 51(3), 249-261.

Mullins, M. G., A. Bouquet y L. E. Williams. 1992. Biology of the grapevine. Cambridge Univ. Press, New York, NY.

Nanos, G.D. y A.A. Kader. 1993. Low O2-induced changes in pH and energy charge in pear fruit tissue. Postharvest Biol. Technol. 3, 285-291.

Opara, L.U. 2000. Fruit growth measurement and analysis. Hort. Rev. 24, 373-431.

Organización internacional de la viña y el vino (OIV). 2005. Situación del sector vitivinícola mundial en 2005. En: http://news.reseau-concept.net/images/oiv_es/client/Commentaire_Statistiques_2005_ES.pdf; consulta: 03 de agosto de 2008.

Paoletti, A. 2003. Indici di maturazione fenolica de glories e terroir. pp. 502-503. En: Fregone, M., D. Schuster y A. Paoletti (eds.). Terroir, zonazio ne viticultura. Phytoline, Affi-Caprino, Italia.

Plane, A.R., R.L. Mallick y L.D. Wiers. 1980. An acidity index for taste of wines. Amer. J. Enol. Vitc. 31(3), 265-268.

Quijano, M. 2004. Ecología de una conexión solar. De la adoración del sol al desarrollo vitivinícola regional. Cultura Científica 2, 5-9.

Quijano, M. 2006. Investigación e innovación. Promoción y defensa del “terroir” regional. Cultura Científica 4, 35-41.

Quijano, M. 2001. Los vinos del valle del sol. Cultura Científica 1, 5-11.

Reynier, A. 1995. Manual de viticultura. 5a ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Ribéreau-Gayon, P., B. Donèche., D. Dubordieu y A. Lonvaud. 1998. Traite d’oenologie, vol. 1. Microbiologie du vin: Vinifications. Dunod, Paris.

Rodríguez, W. y V. Flórez. 2006. Comportamiento fenológico de tres variedades de rosas rojas en función de la acumulación de la temperatura. Agron. Colomb. 24(2), 247-257.

Salazar D.M y P. Melgarrejo. 2005. Viticultura. Técnicas del cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, México.

Souza, P.R. 1990. Algunos aspectos de influência do clima e temperatura sobre a cultura do arroz irrigado no sul de Brasil. Lavoura Arrozeira 43, 9-11.

Stenzel, N.M.C., C.S.V.J. Neves, C.J. Marur, M.B.d.S. Scholz y J.C. Gomes. 2006. Maturations curves and degree-days accumulation for fruits of 'Folha Murcha' organge trees. Sci. Agric. 63(3), 219-225.

Terra, M.M., E.J.P. Pires y C.V. Pommer. 1998. Tecnologia para a produção de uva Itália na região noroeste do Estado de São Paulo. 2a ed. CATI, Campinas, Brasil.

Tesic, T., D.J. Woolley, E.W.Hewett y D.J. Martin. 2002. Environmental effects on cv. Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grown in Hawke´s Bay, New Zealand. I.. Phenology and characterization of viticultural environments. Aust. J. rape Wine Res. 8(1), 15-26.

Valor, O. y J. Sánchez. 2003. Brotación, fertilidad de brotes laterales y ubicación del racimo en el cultivar de vid tucupita en condiciones tropicales. Bioagro 15(3), 201-208.

Vine, R. 1997. Winemaking. White wine. Chapman y Hall, New York, NY. pp. 212-213.

Williams, D.W., H.L. Andris, R.H. Beede, D.A. Luvisi, M.V.K. Norton y L. E. Williams. 1985. Validation of a model for the growth and development of the Thompson seedless grapevine. II. Phenology. Amer. J. Enol. Vitic. 36(4), 283-289.

Winkler, A., J. Cook, N. Kliewer y A. Lider. 1974. General viticulture. University of California Press, Berkeley, CA.

6. Efecto del deshoje y raleo de racimos sobre la producción y calidad de bayas de uva (*Vitis vinifera* L.) SCLP Riesling x Silvaner en Corrales (Boyacá, Colombia)*

Pedro José Almanza M., Pablo Antonio Serrano Cely, Gerhard Fischer y Helber Enrique Balaguera-López

6.1 Resumen

Los viñedos ubicados en la zona tropical fría de Boyacá ofrecen frutos para elaborar vinos de calidad, pero para mejorar la cosecha se debe conocer el equilibrio adecuado entre la cantidad de racimos con relación al área foliar. Con el objetivo de determinar el efecto del deshoje y raleo de racimos sobre la producción y calidad de uva selección clonal Riesling x Silvaner, se empleó un diseño completamente al azar bifactorial de 2x3. El primer factor fue el deshoje (sin deshoje o con deshoje del 60%). El segundo factor fue el raleo de racimos (0%, 66% ó 33% de racimos/planta). Con el 66% de los racimos/planta y sin deshoje se generó la mayor cantidad de sólidos solubles de las bayas, la mayor producción, masa fresca de racimos y masa fresca y seca de frutos. Plantas sin poda de racimos y deshoje produjeron menores valores de pH y mayor acidez total titulable de las bayas. El índice de madurez técnico fue significativamente mayor sin

*Artículo aceptado para publicación en Revista Agronomía Colombiana

la poda de hojas, la poda de racimos no lo afectó. La poda de racimos es una alternativa para mejorar la producción y calidad de la uva para vinificación.

Palabras clave: relación fuente/vertedero, sólidos solubles totales, acidez total titulable, pH.

6.2 Abstract

The vineyards that are located in the tropical cold zone of Boyacá offer fruits for the production of quality wines, but to improve the crop the balance between the clusters number in relation to leaf area must be known. In order to determine the effect of pruning of leaves and clusters on grape production and quality of Riesling x Silvaner clonal selection, in Corrales Boyacá, a completely randomized bifactorial design of 2x3 was used, where the first factor corresponded to the pruning of leaves (no defoliation and 60% defoliation) and the second factor, to cluster pruning (0%, 66% or 33% clusters/plant). With 66% of clusters/plant and without pruning of leaves caused the highest total soluble solids of the berries, yield, clusters fresh mass and fresh and dry mass of the berries. Plants without pruning clusters and with pruning of leaves produced lowest levels of pH and total titratable acidity of the berries. The technical maturity index was significantly higher without pruning of leaves; the pruning clusters not affected this index. Pruning clusters becomes an alternative to improve production and quality of grapes destined for wine production.

Key works: source/sink ratio, total solids, total acidity, pH

6.3 Introducción

Los viñedos ubicados en la zona tropical fría de Boyacá, ofrecen frutos para la elaboración de vinos de calidad (Quijano, 2006). Sin embargo, bajo estas condiciones no se ha investigado cuál puede ser el equilibrio adecuado entre la cantidad de racimos y de hojas, que conduzcan a mejores cosechas. Muñoz *et al*. (2002) mencionan que los altos rendimientos reducen la calidad de la uva (*Vitis vinifera* L.). Esto se debe en parte a que el exceso de frutos atrasa la acumulación de azúcar, en comparación con los producidos

por plantas con menor carga. En concordancia, Freeman y Kliewer (1983) afirman que esta condición no afecta la calidad de los frutos, y Bravdo *et al*. (1985) que existe una cantidad óptima de frutos que una planta puede madurar sin que se comprometa la calidad. De otra parte, el manejo de las plantas determina la disposición espacial del follaje y de los racimos, modificando el microclima e incidiendo de manera fundamental en la regulación del potencial fotosintético, los rendimientos y la composición de la uva (Katerji *et al*., 1994).

La calidad del fruto de la uva es el resultado de la interacción de factores de tipo biológico, como la variedad y el estado fitosanitario; de tipo físico, entre los que se destacan el suelo y su manejo; factores climáticos como temperatura, precipitación, velocidad de viento, presencia de niebla o/y radiación solar directa e indirecta, y los de tipo cultural, principalmente la densidad de plantación, el tipo de conducción, poda, carga de fruta y el manejo de la vegetación (Quijano 2006; Almanza *et al*., 2010). Un adecuado balance entre la superficie foliar fotosintéticamente activa y la producción, resulta un factor importante para la obtención de vinos de calidad (Lavin *et al*., 2001; Salazar y Melgarejo, 2005; González-Neves y Ferrer, 2008). Muñoz *et al*. (2002) reportan que el deshoje al nivel de los racimos común en los viñedos altera el microclima en la zona del fruto y la composición del mismo. El deshoje afecta directamente la relación hoja/fruto, que dependiendo del estadio fenológico en que se realice, puede producir un efecto diferente sobre la maduración de los frutos (Iacono *et al*., 1995; Petrie *et al*., 2000).

El raleo de racimos, incide sobre la relación fuente sumidero ya que se limita la cosecha sin disminuir el área foliar. Por tanto, la planta concentra su actividad en la regulación de la producción y en la calidad (Matus *et al*., 2006; Yuste *et al*., 1997), incidiendo en la calidad del vino (Meliá *et al*., 1995; Parisio *et al*., 1994). La cantidad de racimos en una planta afecta el tamaño de los mismos y el de las bayas, y por tanto, la acumulación de azúcar (Iacono et al., 1995), así como otros componentes del sabor en la fruta (Reynolds *et al*., 1996) y varios aspectos del crecimiento vegetativo (Edson *et al*., 1995).

De acuerdo con Muñoz *et al*. (2002), los efectos de la carga y el microclima se han estudiado en forma separada. Las variaciones en el microclima producidas por modificaciones en el nivel de carga y las variaciones en la relación hoja/fruto provocadas

por algunas alteraciones del follaje impuestas para modificar el microclima, dificultan la interpretación de los resultados. Por tanto, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto del raleo de hojas y racimos sobre la composición fisicoquímica de bayas de uva selección clonal Riesling x Silvaner, bajo las condiciones del municipio de Corrales-Boyacá.

6.4 Materiales y métodos

La investigación en la fase de campo se realizó en el Municipio de Corrales-Boyacá (Colombia), ubicado a 5º 50' 15" de latitud norte y 72°51' 05" longitud oeste, a una altitud de 2450 msnm. El clima de la zona se caracteriza por presentar una temperatura promedio anual de 15°C y precipitación bimodal media de 726,6 mm $año^{-1}$ con dos picos ubicados entre abril-junio y octubre-noviembre. Existe escasa nubosidad y alta insolación que alcanza un promedio de 476 cal cm^{-2} en 6,5 h d^{-1} (Quijano, 2006). Los suelos son de textura liviana, del tipo franco-arenoso. La zona de vida, de acuerdo con la clasificación de Holdrige, es de bosque seco montano bajo (BS-MB). Se realizan riegos por gravedad, según las necesidades del cultivo.

Se estudiaron frutos de la selección clonal de *Vitis vinifera* L. variedad Riesling x Silvaner para vinificación procedente de Alsacia, Alemania (Quijano, 2001). Las plantas tenían una edad de 7 años y estaban sembradas a distancia de 1,20 x 0,90 m, con sistema de tutorado en espaldera a tres alambres. El manejo de la poda era del tipo guyot simple (una vara con 10 yemas y dos pulgares con dos yemas cada una). El estudio se realizó en el segundo semestre de 2009.

Se empleó un diseño completamente al azar bifactorial de 2x3 con cuatro repeticiones por tratamiento, donde el primer factor correspondió al deshoje (sin deshoje y con deshoje del 60%) y el segundo factor, al raleo de racimos (0%, 66% ó 33% de racimos/planta). El total fue de 24 unidades experimentales (UE) de cuatro plantas cada una.

Se realizó el raleo de racimos en el momento de cuajado de fruto como sigue: para podar el 66% se eliminó uno de cada tres racimos, para el 33%, se podaron dos de cada tres

racimos. Para evaluar el efecto de las fuentes, se realizó el deshoje al inicio de envero, a nivel de la inserción de los racimos, eliminando las seis primeras hojas de cada sarmiento, correspondiente a un área foliar promedio de 1.108 cm^2/sarmiento (13.293 cm^2/planta).

El peso de bayas se determinó con una balanza Acculab VIC 612 (Bradford, MA) de 0,01g de precisión, sobre una muestra de 20 frutos de cada UE, colectada el día de la vendimia, sacando cinco bayas por racimo (dos de la parte superior, dos de la media y uno de la zona inferior); la masa seca se obtuvo después de someter los frutos a secado en una estufa a 90°C hasta estabilización del peso. Además, se midió la producción total por planta y el peso promedio del racimo.

Las variables químicas evaluadas fueron sólidos solubles totales (SST, en grados Brix), mediante un refractómetro digital HI 96801 Hanna (Woonsocket, USA); pH, determinado con un potenciómetro Orión, modelo 420 (Boston, MA); la acidez total titulable (ATT), mediante titulación con NaOH 0,1N hasta pH 8,2 expresada en ácido tartárico (AOAC, 1990); y el índice de madurez técnico (IMT), o cociente entre SST y ATT. Para el análisis de los efectos de los factores controlados sobre las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza bifactorial y se llevó a cabo la prueba de comparación múltiple de Tukey sobre interacciones y los efectos medios significativos ($P \leq 0,05$) mediante el programa SAS® v. 8.1e (Cary, NC).

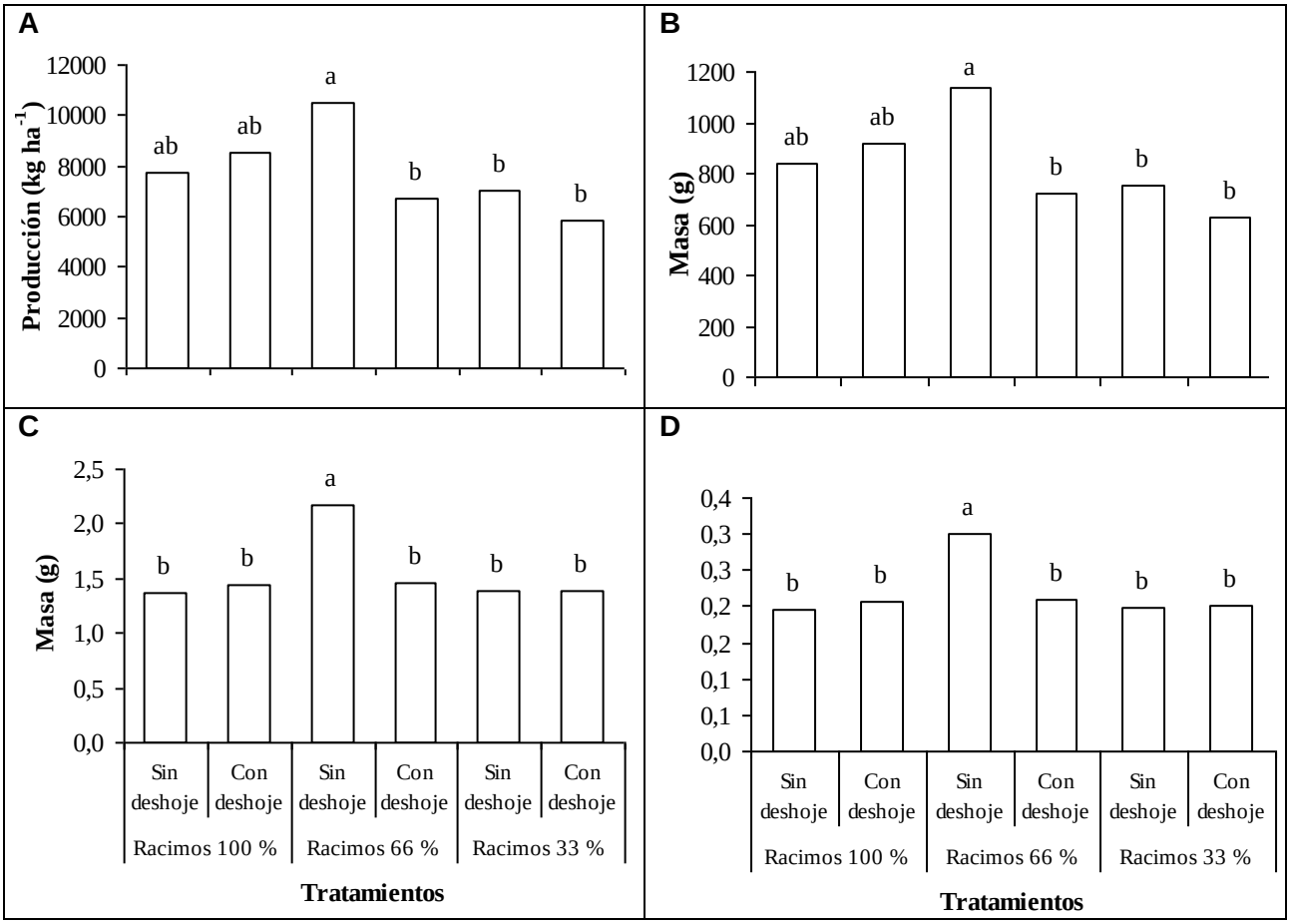
6.5 Resultados y discusión

6.5.1 Producción

La producción por planta se vio afectada por el deshoje y el raleo de racimos. Con diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,01$), el tratamiento correspondiente al 66% de los racimos y sin deshoje generó la mayor producción (10.530 kg ha^{-1}), masa fresca de racimos/planta (1.138,43 g), masa fresca y seca del fruto (2,16 g y 0,3 g respectivamente), mientras que el tratamiento de 33% de los racimos y con deshoje presentó menor masa fresca y seca del fruto, lo que significó una disminución considerable en la masa fresca del racimo y en la producción total (Fig. 6-1). Al respecto,

Mota *et al*. (2010) encontraron que el raleo de racimos generó disminución del peso de los mismos en los cv de uva “Merlot” y ‘Cabernet Sauvignon’. Por el contrario, Reynolds *et al*. (1994) reportan un aumento del peso del racimo, mientras que Nuzzo y Matthews (2006) no encontraron diferencias.

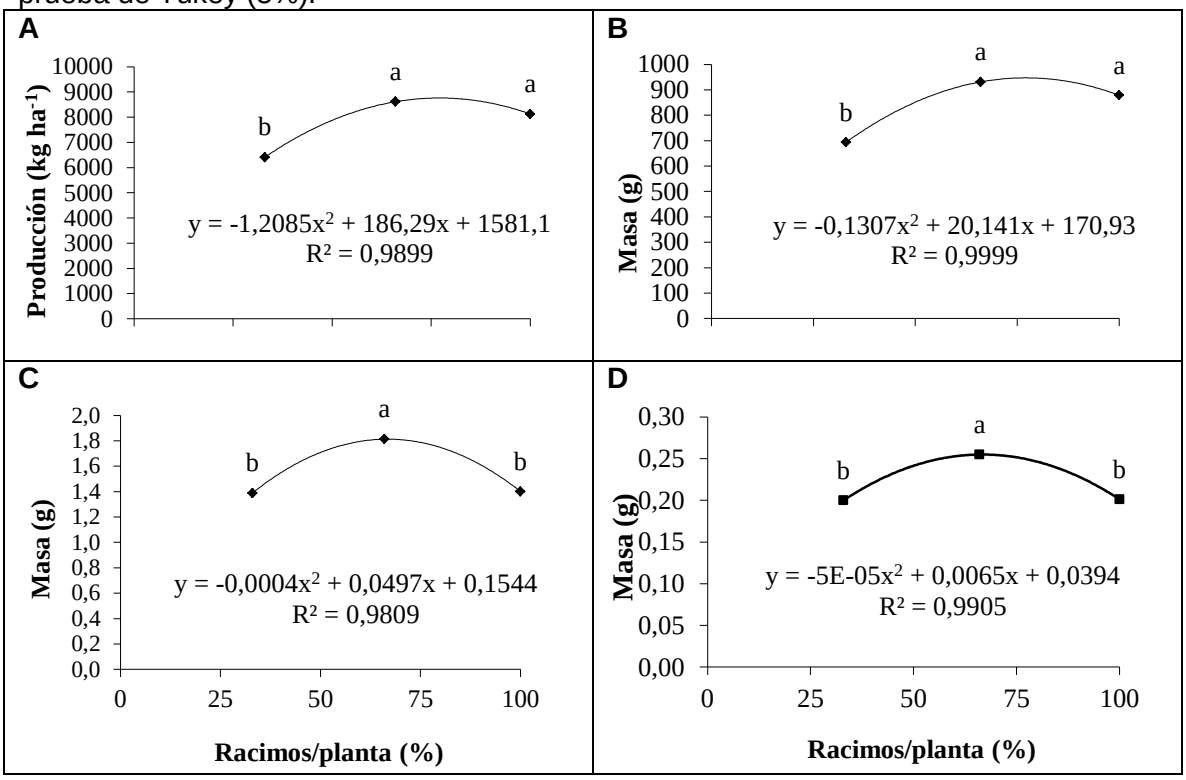
Figura 6-1: Efecto del deshoje y el raleo de racimos en plantas de *Vitis vinifera* L. sobre: A. Producción; B. Masa fresca de racimos; C. Masa fresca del fruto; D. Masa seca del fruto. Promedios seguidos de letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5%).



Según Casierra-Posada *et al*. (2007), la práctica del raleo de frutos incrementa el tamaño del fruto pero también reduce la producción total; por lo cual, se debe mantener un equilibrio entre la producción y el tamaño del fruto (Day *et al*. 1992). Con el 66% de frutos/planta en uva se estaría logrando un mejor equilibrio, en comparación con las demás podas evaluadas, pues con esta poda se obtuvo mayor respuesta en producción,

masa fresca de racimos y masa fresca y seca del fruto ($P \leq 0,01$). El comportamiento de estas variables se ajustó a un modelo cuadrático en función del porcentaje de frutos/planta (Fig. 6-2). En concordancia, la relación fuente/sumidero puede influir en el rendimiento por planta, así como en el tamaño y el peso de cada uno de los frutos (Peluzio *et al*., 1999). Al reducir el número de frutos los asimilados que iban a éstos, son atraídos por los frutos adyacentes aumentando su peso y tamaño (Russell y Morris, 1983). Sin embargo, en este caso, la alta fuerza de los sumideros por los fotoasimilados puede disminuir la expansión de las hojas y acelerar su senescencia, tal como fue encontrado en melón (Valantin *et al*., 1998).

Figura 6-2: Efecto del raleo de racimos en plantas de *Vitis vinifera* L. sobre: A. Producción; B. Masa fresca de racimos; C. Masa fresca del fruto; D. Masa seca del fruto. Promedios seguidos de letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5%).



Aunque con el 100% de los racimos se obtuvo una producción estadísticamente igual al tratamiento de 66% de racimos/planta, esto puede afectar negativamente el crecimiento de la planta de uva y disminuir las reservas nutricionales para futuras cosechas. De hecho un aumento en el número de frutos/planta puede incrementar la fracción de

fotoasimilados asignados a los frutos a expensas del crecimiento de las partes vegetativas (Andriolo y Falcão, 2000). Resultados parcialmente diferentes fueron reportados en tomate por Mueller y Wamser (2009), quienes encontraron aumento en la producción total en función del número de racimos, pero hubo una disminución cuadrática de la masa media de frutos comerciales a medida que el número de racimos/planta fue mayor. En concordancia, en plantas de uva cv. Chardonnay se observó un aumento de la producción en función del nivel de carga (Lavín *et al*., 2001). Para el caso del 33% de racimos/planta, se afectó negativamente la producción por el bajo número de racimos; no obstante, el resultado atípico fue el bajo peso de racimos y de frutos, ya que se esperaba que estos fueran mayores, debido a la menor competencia entre sumideros.

Respecto al factor deshoje, hubo mayor respuesta de las variables de producción ($P \leq 0,05$) sin deshoje (Tab. 6-1). Lo cual indica que una reducción del área foliar puede disminuir el rendimiento, tal como lo reportan Scarpare Filho *et al*. (2010) para plantas de uva cv 'Niagara Rosada'. En concordancia, Bennett *et al*. (2005), reportan que una disminución del área foliar puede restringir la acumulación de carbohidratos, lo cual genera impactos negativos en la floración y el rendimiento. Por el contrario, Coombe y Mc Carthy (2000) reportan que el peso de las bayas de Merlot disminuyó en el tratamiento sin deshoje, debido a la transpiración de las bayas, mientras que el tratamiento con deshoje aumentó la masa del fruto, lo que podría deberse a la menor transpiración foliar por tener menos hojas cercanas al sumideros.

Tabla 6-1: Efecto del deshoje sobre la producción y calidad de bayas de *Vitis vinifera* L.

Deshoje	Producción (kg ha^{-1})	Peso racimo/planta (g)	Peso fresco baya (g)	Peso seco baya (g)	pH	SST (ºBrix)	ATT (%)	IMT (SST/ATT)
Sin deshoje	7748,02 a	910,50 a	1,64 a	0,23 a	3,77 a	22,47 b	0,62 b	36,16 a
Con deshoje	6450,42 b	758,04 b	1,43 b	0,21 b	3,73 b	22,91 a	0,69 a	33,50 b

Promedios seguidos de letras distintas en la misma columna presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5%).

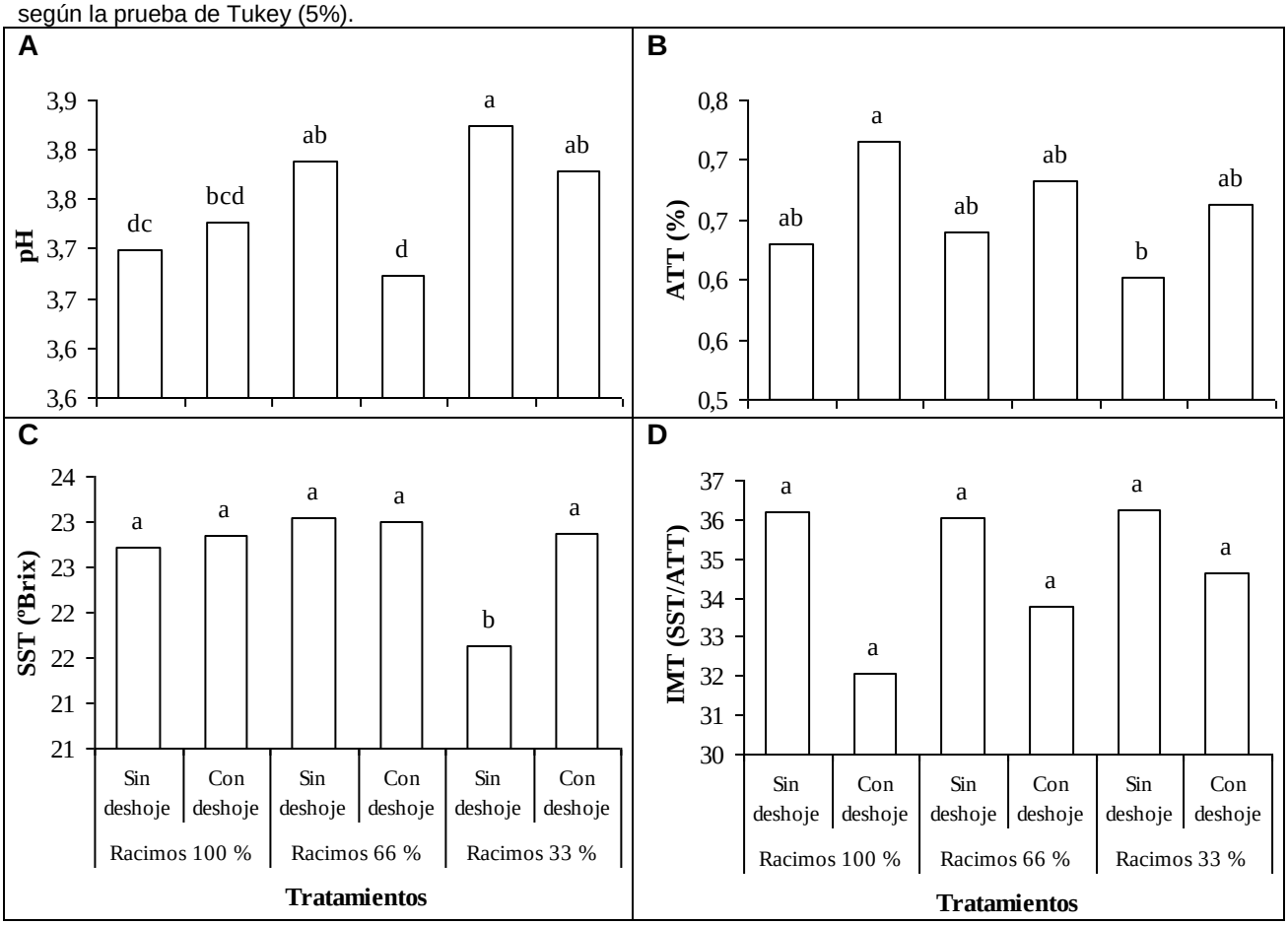
6.5.2 Características químicas

Se observó mayor pH en el tratamiento con el 33% de los frutos y sin deshoje ($P \leq 0,01$). Respuesta contraria fue observada con el 66% de los frutos y con poda de hojas (Fig. 6-3 A). Se encontró que a medida que aumentó el número de racimos/planta el pH disminuyó ($P \leq 0,01$), este comportamiento se explicó mediante un polinomio de segundo grado (Fig. 6-4 A). De otra parte, sin poda de hojas el pH fue más alto (Tab. 6-1). Estos resultados concuerdan con la investigación de Franco-Aladren (1996), quien encontró que el raleo de racimos, en envero, en la variedad Garnacha provoca pérdida de rendimiento y adelanta la fecha de cosecha, además el pH fue mayor, mientras que la acidez fue menor. Sin embargo, Mota *et al*. (2010) no reporta efecto significativo de esta práctica sobre el pH.

El deshoje favoreció una mayor acidez ($P \leq 0,01$; Tab. 6-1), situación contraria se observó con la poda de racimos ($P \leq 0,01$; Fig. 6-4 B). A nivel de tratamientos, se presentó mayor ATT con deshoje y 100% de los racimos, mientras que con 33% de los racimos y sin deshoje se obtuvo la ATT más baja (Fig. 6-3 B), lo que concuerda con lo observado por Lavín *et al*. (2001) quienes encontraron un mayor contenido de ácido tartárico en vides sin raleo de fruto y en aquellas con el menor nivel de raleo.

La disminución de la acidez en función del deshoje estuvo probablemente relacionada con el consumo del ácido málico en la respiración de las células del fruto. Se ha encontrado que una menor exposición solar de los racimos en un follaje más denso, resulta en una tasa respiratoria más baja y menor consumo de ácidos orgánicos (Valdivia, 2001). Sin embargo, en muchos casos se reporta que el deshoje ha determinado descensos de la acidez total (Mota *et al*., 2010; Keller *et al*., 2005; Bucelli y Gianetti, 1996), pero otros autores no reportan un efecto significativo sobre este parámetro (Campostrini *et al*., 1991).

Figura 6-3: Efecto del deshoje y el raleo de racimos en plantas de *Vitis vinifera* L. sobre: A. pH; B. Acidez total titulable (ATT); C. Sólidos solubles totales (SST); D. Índice de madurez técnica (IMT). Promedios seguidos de letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5%).

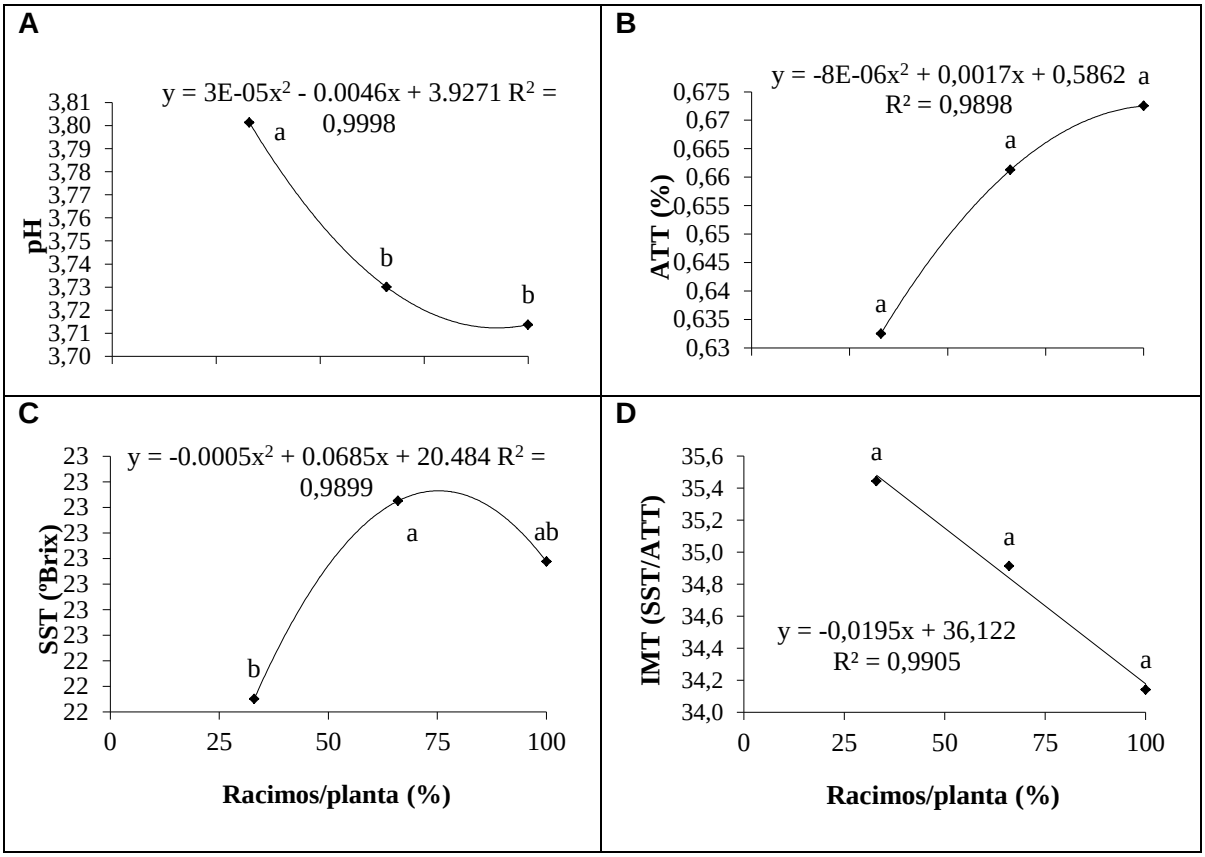


Los SST presentaron diferencias estadísticas a nivel de tratamientos y en los factores por separado. Con 66% de los racimos y sin deshoje se generaron los SST más altos; por el contrario, con 33% de los racimos y sin deshoje la acumulación de SST fue menor (Fig. 6-3 C). Esto confirma lo mencionado por Coombe y Mc Carthy (2000), quienes indican que el aumento de azúcares es debido a la transpiración, lo que lleva como consecuencia a una rápida deshidratación del fruto (Almanza-Merchán y Balaguera-López, 2009). En tanto, Hunter y Le Roux (1992) encontraron que la concentración de azúcar en la variedad Cabernet Sauvignon no cambia al disminuir el área foliar.

Una ecuación cuadrática explicó el comportamiento de los SST en función del raleo de racimos, se observó que con 66% de racimos/planta la presencia de SST fue la más alta

(Fig. 6-4 C). Estos datos concuerdan con la investigación de Pszczólkowski *et al*. (1985), quienes afirman que la mayor exposición de los racimos a la radiación solar estimula la translocación de fotoasimilados hacia los frutos, efecto estimulado por el incremento de la temperatura a nivel de las bayas y porque a partir del envero existe menor competencia entre el follaje por pérdida de funcionalidad del xilema (Coombe y Mc Carthy, 2000; Rogiers et al., 2006). Casierra-Posada *et al*. (2007) encontraron que en duraznero con un mayor número de hojas/fruto se incrementó el contenido de SST debido según ellos al poder de atracción de fotosintatos ejercido por los frutos que quedan en los árboles después de un raleo. Estos frutos tienen menor competencia entre ellos por los fotoasimilados, lo que resulta en un incremento en el contenido de SST, lo cual, posiblemente, también puede estar ocurriendo en los frutos de uva.

Figura 6-4: Efecto del raleo de racimos en plantas de *Vitis vinifera* L. sobre: A. pH; B. Acidez total titulable (ATT); C. Sólidos solubles totales (SST); D. Índice de madurez técnica (IMT). Promedios seguidos de letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey (5%).



El deshoje afectó positivamente los SST (Tab. 6-1). Posiblemente se debe a que los frutos de las plantas con poda de hojas están expuestos a mayores radiaciones solares, ya que una mejor iluminación favorece las condiciones de humedad micro-ambiental en torno a los racimos, permitiendo mejorar la calidad de la uva, datos que coinciden con Muñoz *et al.* (2002), sin embargo, puede aumentarse el riesgo por golpe de sol, afectándose la calidad de las bayas.

De acuerdo con Gris *et al*. (2010) y Mota *et al*. (2006), el índice de madurez representa un balance entre azúcares y ácidos, importante para la calidad de los vinos, puesto que le confiere un equilibrio de sabor al vino. Se encontraron diferencias significativas en el IMT solamente con el factor poda de hojas (Fig. 6-3D, 6-4D y Tab. 6-1). No obstante, esta práctica reduce el valor del IMT debido a que se aumenta la ATT en mayor proporción que los SST (Tab. 6-1). Sin embargo, los valores obtenidos con cualquiera de los tratamientos garantizan la obtención de vinos de calidad (Falcão *et al*., 2008).

6.6 Literatura citada

Almanza, P.J., M.A. Quijano-Rico, G. Fischer, B. Chaves y H.E. Balaguera-López. 2010. Physicochemical characterization of 'Pinot Noir' grapevine (*Vitis vinifera* L.) fruit during its growth and development under high altitude tropical conditions. Agronom. Colomb. 28(2), 173-180.

Almanza-Merchán, P. y H. Balaguera-López. 2009. Determinación de los estadios fenológicos del fruto de *Vitis vinifera* L. bajo condiciones del altiplano tropical en Boyacá. Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica 12(1), 141-150.

Andriolo, J.L. y L.L. Falcão. 2000. Efeito da poda de folhas sobre a acumulação de materia seca e sua repartição para os frutos do tomateiro cultivado em ambiente protegido. Revista Bras. Agrometeor. 8, 75-83.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Bennett, J., P. Jarvis, G.L. Creasy y M.C.T. Trought. 2005. Influence of defoliation on overwintering carbohydrate reserves, return bloom and yield of mature Chardonnay grapevines. Amer. J. Enol. Vitic. 56(4), 386-393.

Bravdo, B., I. Hepner, C. Loinger, S. Cohen y H. Tabacman. 1985. Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet sauvignon. Amer. J. Enol. Vitic. 36(2), 132-139.

Bucelli, P. y F. Giannetti. 1996. Incidenza del diradamento dei grappoli sulla composizione dell'uva e sulla qualità del vino. Riv. Vitic. Enol. 2, 59-67.

Campostrini, F., M. Bertamini, L. De Micheli y F. Iacono. 1991. Esperienze pluriennali di diradamento dei grappoli sui vitigni. Vignevini 10, 29-35.

Casierra-Posada, F., J. Rodríguez y J. Cárdenas. 2007. La relación hoja: fruto afecta la producción, el crecimiento y la calidad del fruto en duraznero (*Prunus persica* L. Batsch, cv. 'Rubidoux'), Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 60(1), 3657-3669.

Coombe, B. y M. Mc Carthy. 2000. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. Aust. J. Grape Wine Res. 6, 131-135.

Day, K.R., R.S. Johnson, T.M. Dejong y C.H. Crisosto.1992. Comparison of high density training systems and summer pruning techniques and timing. En: Research Reports for California Peaches and Nectarines. California Tree Fruit Agreement. Annual Research Report. Sacramento California, USA 4 p.

Edson, C., G. Howell y J. Flore. 1995. Influence of crop load on photosynthesis and dry matter partitioning of Seyval grapevines. II. Seasonal changes in single leaf and whole vine photosynthesis. Amer. J. Enol. Vitic. 46 (4), 469-477.

Falcão, L.D., E.S. Chaves, V.M. Burin, A.P. Falcão, E.F. Gris, V. Bonin y M.T. Bordignon-Luiz. 2008. Maturity Cabernet Sauvignon berries from grapevines grown with two different training systems in a new grape growing region in Brazil. Cien. Inv. Agr. 35, 321-332.

Freeman, B. y W. Kliewer. 1983. Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. II. Grape and wine quality. Amer. J. Enol. Vitic. 34(3), 197-207.

Franco-Aladren, E. 1996. Aclareo de racimos en Garnacha tinta de la producción. Efecto sobre la fecha de vendimia y calidad del vino. Viticultura y Enología. 46, 25-30.

González-Neves, G. y M. Ferrer. 2008. Efectos del sistema de conducción y del raleo de racimos en la composición de uvas Merlot. Agrociencia 22(2), 10-18.

Gris, E.F., V.M. Burin, E. Brighenti, H. Vieira y M.T. Bordignon-Luiz. 2010. Phenology and ripening of Vitis vinifera L. grape varieties in São Joaquim, southern Brazil: a new South American wine growing region. Cien. Inv. Agr. 37(2), 61-75.

Hunter, J. y D. Le Roux. 1992. The effect of partial defoliation on development and distribution of roots *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet sauvignon grafted on to rootstock 99 Rischter. Amer. J. Enol. Vitic., 43, 71-78.

Iacono, F., M. Bertamini, A. Scienza y B. Coombe. 1995. Differential effects of canopy manipulation and shading of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet sauvignon. Leaf gas exchange, photosynthetic electron transport rate and sugar accumulation in berries. Vitis 34(4), 201-206.

Katerji, N., F. Daudet, A. Carbonneau y N. Ollat. 1994. Etude à l'échelle de la plante entière du fonctionnement hydrique et photosynthétique de la vigne: comparación des systèmes de conduite traditionnel et en lyre. Vitis 33, 197-203.

Keller, M., L.J. Mills, R.L. Wample y S.E. Spayd. 2005. Cluster Thinning Effects on Three Deficit-Irrigated *Vitis vinifera* Cultivars. Amer. J. Enol. Vitic. 56, 91-102.

Lavin, A., A. Gutierrez y M. Rojas. 2001. Niveles de carga en viñedos jóvenes de cv. Chardonnay y sus efectos sobre producción y calidad del vino. Agricultura técnica 61(1), 26-34.

Matus, M., J. Rodríguez y M. Ocvirk. 2006. Raleo de racimos en *Vitis vinifera* cv. Malbec. Efecto sobre los componentes del rendimiento y la composición polifenólica de las bayas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad del Cuyo 38(1), 105-112.

Meliá, V., A. Sparacio, D. Di Bernardi, F. Capraro, B. Fina, S. Sparla, y M. Di Giovanni. 1995. Prime osservazioni sul comportamento vitico-enologico dell´Inzolia sottoposta a diradamento. Vignevini 4, 12-20.

Mota, R.V., C.R. Souza, C. P. Carvalho, G. F. Freitas, T. Misuzu, E. Purgatto, F.M. Lajolo, M.A. Regina. 2010. Biochemical and agronomical responses of grapevines to alteration of source-sink ratio by cluster thinning and shoot trimming. Bragantia 69(1),17-25.

Mota, R.V., M.A. Regina, D.A. Amorim y A.C. Fávero. 2006. Fatores que afetam a maturação e a qualidade da uva para vinificação. Inf. Agrop. 27,56-64.

Mueller, S. y A.F. Wamser. 2009. Combinação da altura de desponte e do espaçamento entre plantas de tomate. Hort. Brasileira 27, 064-069.

Muñoz, R., J. Pérez, P. Pszczolkowski y E. Bordeu. 2002. Influencia del nivel de carga y microclima sobre la composicion y calidad de bayas, mosto y vino de Cabernet-Sauvignon. Ciencia e Investigación Agraria 29(2), 115-125.

Nuzzo, V. y M.A. Matthews. 2006. Response of fruit growth and ripening to crop level in dry-farmed Cabernet Sauvignon on four rootstocks. Amer. J. Enol. Vitic. 57, 314-324.

Parisio, R., A. Bobio, A. Morando y G. Gay. 1994. Intervente per limitare la productivita in vista del miglioramento cualitativo delle uve Moscato. Quad. Sc. Di in Vitic. Enol. Univ. di Torino. pp. 223-224.

Peluzio, J.M., V.W.D. Casali, N.F. Lopes, G.V. Miranda y G.R. Santos. 1999. Comportamento da fonte e do dreno em tomateiro após a poda apical acima do quarto cacho. Ciência Agrotécnica 23, 510-514.

Petrie, P., M. Trought y G. Howell. 2000. Fruit composition and ripening of Pinot noir (*Vitis vinifera* L.) in relation to leaf area. Aust. J. Grape Wine Res. 6(46), 46-51.

Pszczólkowski, P., A. Morales y S. Cava, 1985.Composición química y calidad de mostos y vinos obtenidos de racimos diferentemente asoleados. Ciencia e Investigación Agraria 12(3),181-187.

Quijano, M. 2006. Investigación e innovación. Promoción y defensa del “terroir” regional. Revista Cultura Científica 4, 35-41.

Quijano, M. 2001. Los vinos del valle del sol. Cultura Científica 1, 5-11.

Reynolds, A., S. Yerle, B. Watson, S. Price y D. Wardle, 1996. Fruit environment and crop level effects on Pinot noir. III. Composition and descriptive analysis of Oregon and British Columbia wines. Amer. J. Enol. Vitic. 47(3), 329-339.

Reynolds, A.G., S.F. Price, D.A. Wardle y B.T. Watson. 1994. Fruit Environment and Crop Level Effects on Pinot Noir. I. Vine Performance and Fruit Composition in British Columbia. Amer. J. Enol. Vitic. 45, 452-459.

Rogiers, S., D. Greer, J. Hatfield, A. Beverley y M. Keller. 2006. Solute transport into Shiraz berries during development and late-ripening shrinkage. Am. J. Enol. Vitic. 57, 73-80.

Russell, C.R. y D.A. Morris. 1983. Patters of assimilates distribution and source- sink relationships in the Young reproductive tomato plants. Annals Botany 52, 357-363.

Salazar, D. y P. Melgarejo. 2005. Viticultura, Técnicas de cultivo de lavid, calidad de la uva y atributos de los vinos. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 325p.

Scarpare Filho, J.A., A.L. Moraes, A. Rodrigues y F.V. Scarpare. 2010. Rendimento de uva ‘Niagara Rosada’ submetida à redução de área foliar. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, 32(3), 778-785.

Valantin, M., C. Gary, B.E. Vaissiere, M. Tchamitchian y B. Bruneli. 1998. Changing sink demand affects the area but not the specific activity of assimilates sources in cantaloupe. Ann. Bot. 82, 711-719.

Valdivia, J. 2001. Efecto del vigor y del grado de madurez de las bayas sobre la fracción polifenólica de las semillas del cv. Cabernet Sauvignon en el valle del Maipo. Memoria para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agronómicas, Mención Enología y Vitivinicultura. Universidad de Chile. 55 p.

Yuste, J., A. Rubio, P. Baeza y J. Lissarrague. 1997. Aclareo de racimos y régimen hídrico: efectos en la producción, el desarrollo vegetativo y la calidad del mosto de la var. Tempranillo conducida en vaso. Viticultura Enología. 51, 28-35.

7. Rompimiento de la dormancia de yemas de vid (*Vitis vinifera* L.) mediante aplicaciones de extracto de ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones del trópico alto*

Pedro José Almanza Merchán, Pablo Antonio Serrano C., Gerhard Fischer y Helber Enrique Balaguera-López

7.1 Resumen

La vid para elaboración de vinos se ha venido cultivando durante los últimos 25 años en 18 municipios de Boyacá (Colombia). Las condiciones de trópico alto no presentan condiciones de frío suficientes, lo que genera una brotación baja e irregular, generándose producciones bajas y desuniformes. Se ha reconocido el ajo como un agente inductor de brotación, pero no se ha evaluado bajo condiciones tropicales. Se evaluó el efecto del extracto de ajo en la inducción de la brotación en uva de la variedad clonal Riesling x Silvaner, en el municipio de Corrales (Boyacá). Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (extracto de ajo 100%, extracto de ajo al 50%, cianamida hidrogenada y testigo) y cinco repeticiones. Los tratamientos fueron aplicados directamente sobre las yemas inmediatamente después de la poda, con ayuda de un pincel. Se determinó el porcentaje de brotación (PB), tiempo medio de brotación (TMB), la velocidad media de brotación (VMB), área foliar, número de hojas brotes y racimos. La aplicación de ajo al 50% presentó significativamente el mayor PB, el menor TMB y la mayor VMB, además, pero sin diferencias estadísticas, una respuesta favorable en el

*Articulo aceptado para publicación en Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas

área foliar, número de hojas, brotes y racimos de plantas de uva. Se concluye que las aplicaciones de ajo son una alternativa importante en la inducción de la brotación en yemas de la variedad Riesling x Silvaner.

Palabras clave: brotación, dormancia, vid, Riesling x Silvaner.

7.2 Abstract

The grapes for winemaking have been growing over the past 25 years in 18 municipalities of Boyacá (Colombia). The climatic conditions of high elevations in tropical zones do not provide enough cold conditions, resulting in low and irregular bud breaking, generating low and uneven yields. Garlic has been recognized as an inducer of bud breaking, but it has not been evaluated under tropical conditions. Therefore, It was evaluated the effect of garlic extract on the induction of breaking bud dormancy in the clonal grape variety Riesling x Silvaner in the municipality of Corrales (Boyacá). It was used a completely randomized design with four treatments (garlic extract 100%, garlic extract 50%, hydrogen cyanamide and control) with five repetitions. Treatments were applied directly on the buds immediately after pruning, using a brush. The percentage of bud breaking (PBB), average time of bud breaking (ATB), the average speed of bud breaking (ASB), leaf area, number of leaves, shoots and panicles were determined. With statistical differences, The application of garlic 50% had significantly the highest PS, the lowest ATS and the higher ASS, and, but without statistical differences, favorable response in leaf area, number of leaves, shoots and trusses of grape plants. It can be concluded that the applications of garlic are an important alternative in the induction of bud breaking in the Riesling x Silvaner variety.

Keywords: bud breaking, dormancy, wine, Riesling x Silvaner.

7.3 Introducción

La producción mundial de uva para el 2009 fue de 66.935.199 t cultivadas en 7.437.141 ha, de las cuales Colombia tenía sembradas 2.581 ha (FAO, 2010). En el país, bajo condiciones de clima frío tropical, los principales productores de vid para producción de

vino se encuentran en el departamento de Boyacá en altitudes entre 2.200 y 2.560 msnm, donde se ha cultivado durante los últimos 24 años (Quijano, 2004). De acuerdo con Gómez (2004), en 16 municipios de las provincias de Sugamuxi, Valderrama, Tundama, Centro, Norte y Gutiérrez, y en dos de la zona de Ricaurte Alto en el departamento de Boyacá, se cultivan vides para la elaboración de vinos.

La vid en la zona templada, produce uva una vez al año. Durante el invierno las plantas entran en dormancia; en condiciones tropicales se pueden obtener hasta 2,5 cosechas al año, gracias al manejo y a las condiciones agroclimáticas (Quijano, 2001). Las plantas de uva, requieren de acumulación de un determinado número de horas frío, para salir del periodo de endodormancia. Según Westwood (1993), este valor depende de la variedad (150 a 1.200 horas); Dokoozlian (1999) menciona que requieren de 50 a 400 horas frío. La acumulación de horas frío, se da bajo temperaturas inferiores a 7ºC (Martínez, 1991). La falta de acumulación de horas frío produce brotación desuniforme y retraso en la maduración de frutos (Pinto *et al*., 2003). Por tanto, en zonas tropicales se hace necesaria la aplicación de compensadores de frío químicos.

La vid presenta yemas mixtas (reproductivas y vegetativas), las cuales se pueden clasificar según el momento de brotación en: yemas prontas o de brotación anticipada, yemas latentes, yemas adventicias, yemas axilares y yemas basilares o ciegas (Reynier, 1995). Están constituidas exteriormente por escamas protectoras de forma triangular y de color pardo, bajo estas existe una segunda capa protectora llamada algodón o borra, de color blanquecino. Ambas estructuras protegen los meristemos terminales o ápices vegetativos del frío.

Su diferenciación consiste en la organización de los meristemos y esbozos de hojas, racimos y zarcillos para que en el siguiente ciclo se origine el nuevo brote cargador, terminada la diferenciación de cada yema se inicia la etapa de paradormancia, durante esta etapa la mayoría de yemas basales tienen la capacidad de brotar, pero permanecen en reposo, debido a la influencia ejercida por las yemas apicales y anticipadas, de los sarmientos que están aún en crecimiento (Pinto *et al*., 2003). Esta capacidad de brotación se va perdiendo a medida que se lignifica el sarmiento, por la acumulación de lignina. Este periodo es conocido como agostamiento, y coincide con la terminación del

crecimiento del sarmiento e inicio de la endodormancia de las yemas. Durante este periodo las yemas pierden en dos a tres semanas su capacidad de brotación. De este estado solo salen las yemas una vez han cumplido el requerimiento de acumulación de horas frío que le permita pasar a la ecodormancia, permaneciendo en este estado hasta que las condiciones de temperatura aseguren el desarrollo del nuevo pámpano (Reynier, 1995).

Bajo condiciones de climas tropicales, como el caso de Colombia, en donde la vid no alcanza a acumular el número de horas frío necesario para brotar, es básica la aplicación de reguladores fisiológicos que influyen en la brotación y en la acumulación de horas frío, como por ejemplo cianamida hidrogenada (H_2CN_2), producto que actualmente es el más utilizado en viticultura en todo el mundo. En 2001, aproximadamente 112.490 kg de cianamida de hidrógeno fueron utilizados en Estados Unidos y 36.287 kg en Italia (Settimi *et al*., 2005).

Las aplicaciones se realizan en forma de aspersión o con pincel o rodillo, sobre las yemas, en dosis que van entre 35 a 50 cm^3 L^{-1} de agua, es importante que esta labor, para que surta efecto, se realice en un tiempo máximo de 48 horas después de poda, en días soleados y con suelos húmedos. Si no se realiza aplicación del compensador, la brotación no es homogénea y se provocan ciclos fenológicos disparejos que disminuyen la calidad del fruto, debido a que los racimos maduran escalonada y desuniformemente (Toro, 1996).

Buscando nuevas alternativas a la ruptura de la dormancia, Kubota y Miyamuki (1992) encontraron que la pasta de ajo aplicada a la superficie de las estacas de vid Moscatel de Alejandría, poco después de la poda, es más eficiente que la cianamida cálcica (CaCN2), el producto más utilizado para vides en Japón. También fueron satisfactorios los resultados obtenidos con aceite de ajo al 20% en vides Pione y Thompson Seedless (Kubota *et al*., 2000). Botelho *et al*. (2009) encontraron brotación en un 37% y 75% en esquejes de vid cv. Cabernet Sauvignon, tratados con extracto de ajo al 3%, sometido a 0 y 168 horas de frío (<7,0°C) respectivamente. Según Kubota *et al*. (2003) y Kubota *et al*. (1999), la sustancia activa en el extracto de ajo responsable de la pérdida de

dormancia comprende compuestos volátiles que contienen azufre y un grupo de alilo (CH_2CHCH_2).

Vargas-Arispuro *et al*. (2008) aislaron y evaluaron diferentes compuestos derivados de ajo para medir su efecto en la inducción de brotación de yemas en estacas de un cultivo orgánico de uva de mesa (cultivares Flame Seedless y Perlette). Dentro de los compuestos aislados e identificados químicamente, se encuentran: allicina, dialil disulfuro, dialil trisulfuro, 3-vinil-(4H)-1,2-ditiin y 2-vinil-(3H)- 1,3- ditiin, S-metilcisteina sulfóxido, dimetil disulfuro, dimetil trisulfuro y dimetil tiosulfonato. Se encontró que todos los compuestos promovieron la brotación de las yemas, siendo los más efectivos los compuestos volátiles de S-metilcisteina sulfóxido. Es así que los compuestos derivados de azufre pueden inducir brotación en las yemas (Botelho *et al*., 2007).

Teniendo en cuenta la reducción o eliminación del uso de sustancias sintéticas que se emplean en los sistemas de producción sostenibles en frutales, la búsqueda de nuevas alternativas para la salida de dormancia de los frutales en zonas tropicales, el extracto de ajo, puede convertirse en una alternativa muy importante en la viticultura regional, ya que la cianamida hidrogenada, es un producto que está clasificado por la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos en la categoría más elevada de toxicidad (categoría I). Además, el registro de ese producto es objeto de evaluación por parte de la Unión Europea (Settimi *et al*., 2005). Por tanto, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto del extracto de ajo (*Allium sativum* L.) como inductor de la brotación en plantas de vid de la variedad clonal Riesling x Silvaner, en el municipio de Corrales (Boyacá).

7.4 Materiales y métodos

La investigación se realizó durante los meses de abril y mayo de 2009 en el viñedo del municipio de Corrales, Boyacá, situado a 5°48’30” latitud norte y 72°58’35” longitud oeste, a una altitud de 2.450 msnm. El clima de la zona se caracteriza por presentar una temperatura promedio anual de 16.5°C y precipitación bimodal media de 750 mm/año con dos picos ubicados entre abril-mayo y octubre-noviembre. Existe escasa nubosidad y alta insolación que alcanza un promedio de 476 cal cm^{-2} d^{-1}, en 6,5 h d^{-1}. Los suelos son

pedregosos de textura liviana, del tipo franco-arenoso y fertilidad natural baja (EOT Corrales, 2009).

Las plantas evaluadas corresponden a la selección clonal de *Vitis vinifera* L. variedad Riesling x Silvaner (RXS), originarias de Alemania y procedentes del viñedo y caba "Loma de Puntalarga", en Nobsa (Boyacá). Las plantas tienen una edad de 8 años y están sembradas a distancia de 1,20 m X 0,8 m, el sistema de manejo es el de tipo guyot simple con dos pulgares y conducción en espaldera a tres alambres.

Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos correspondientes a inductores de brotación (ajo concentrado (100%), ajo al 50%, un testigo absoluto (agua destilada) y cianamida hidrogenada como testigo comercial (Dormex® al 5%)), con cinco repeticiones, para un total de 20 unidades experimentales (UE). Cada UE estuvo compuesta por 20 plantas. Los tratamientos fueron aplicados una sola vez y directamente sobre las yemas, hasta lograr una cobertura total con ayuda de un pincel. Para el tratamiento de ajo al 100%, los dientes de ajo fueron macerados en un mortero de porcelana, mientras que en el tratamiento del 50%, el ajo fue licuado y diluido en agua en relación 1:1 m/v.

Desde el momento en que brotaron las primeras yemas y hasta el final de la brotación se hicieron lecturas cada 3 d, con el fin de registrar el número de yemas brotadas, con estos datos y con las fórmulas de la tabla 7-1 se calculó el porcentaje de brotación (PB), tiempo medio de brotación (TMB) y velocidad media de brotación (VMB). Se consideraron yemas brotadas cuando apareció la etapa C de Baggliolini o 05 de la BBCH (Salazar y Melgarejo, 2005), que consiste en la aparición de punta verde constituida por el brote joven, después de haberse activado el desarrollo de la yema en reposo. A los 50 días después de la poda (ddp) se determinó el área foliar "in situ" mediante medidor portátil CI-202 Seedmech, número de hojas, racimos y brotes de plantas de uva.

Para analizar el efecto de los compuestos sobre la brotación, se realizó un análisis de varianza (Anava). Las medidas se compararon por la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$), para lo cual se utilizó el software SAS v. 8e.

Tabla 7-1: Fórmulas para el cálculo de los diferentes índices de brotación utilizados en el Rompimiento de la dormancia de yemas uva (*Vitis vinifera* L.) mediante aplicaciones de extracto de ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones del trópico alto.

Variable	Ecuación	Unidades
Velocidad media de brotación	$VMB = \sum\left(\frac{n_i}{t_i}\right)$	yemas /día
Tiempo medio de brotación	$TMB = \frac{N*(A_1 + A_2 + A_X)}{(A_1*T_1 + A_2*T_2 + A_X*T_X)}$	días
Porcentaje de brotación	$PB = \left(\frac{NT}{N}\right)*100$	%

n_i, Número de yemas brotadas en el i-ésimo día; t_i, tiempo en días para la brotación en el i-ésimo día; N, numero de yemas brotadas; A_1, A_2,..., A_x, número de yemas brotadas en el día 1, en el día 2, y en el día x; T_1, T_2,..., T_x, número de días entre la aplicación de los tratamientos y el primer día 1 de brotación, entre el día 2 y entre el día x, NT, número de yemas totales.

7.5 Resultados y discusión

7.5.1 Brotación

La aplicación del extracto de ajo (50% y 100%) y la cianamida hidrogenada presentaron estadísticamente (P≤0,01) mayor brotación que el testigo. El mayor porcentaje de brotación se obtuvo con el extracto de ajo al 50% y la cianamida hidrogenada con 96,6%, el testigo apenas alcanzó un 83,3% (figura 7-1). La aplicación de extracto de ajo al 50% generó el menor TMB con 45,25 días (P≤0,01; figura 7-2), este mismo tratamiento también obtuvo la mayor VMB (0,256 yemas/día) con diferencias estadísticas solamente respecto al testigo (P≤0,01; figura 7-3).

Figura 7-1: Efecto del extracto de ajo sobre el porcentaje de yemas brotadas de uva bajo condiciones del trópico alto. Promedios seguidos de letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey (*P*≤0,05).

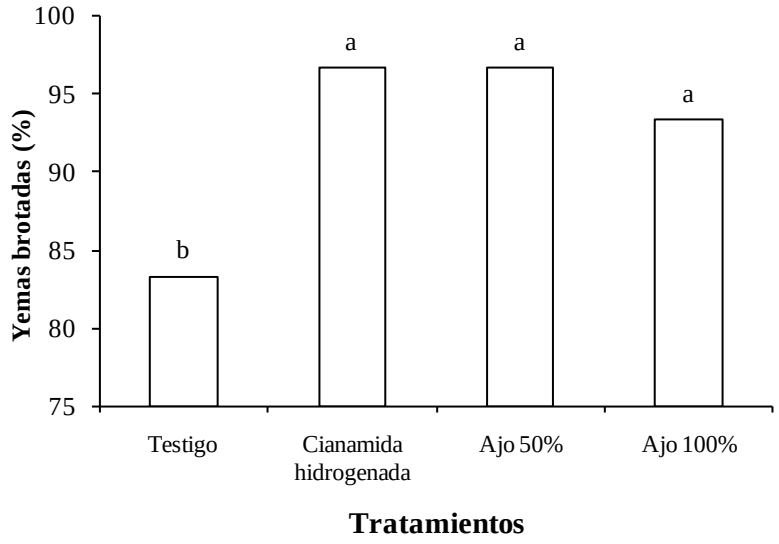
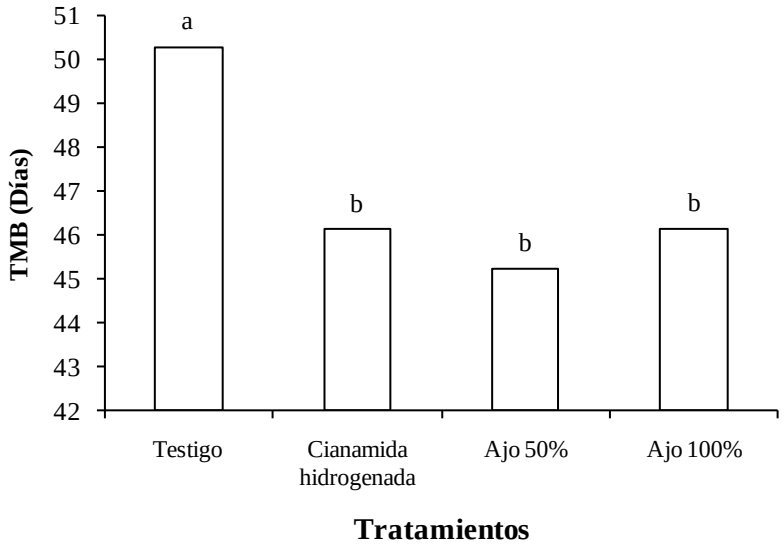
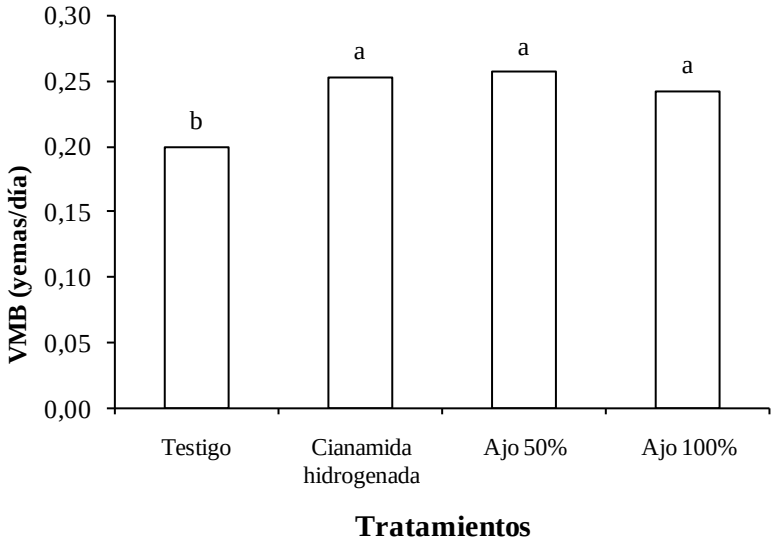


Figura 7-2: Efecto del extracto de ajo sobre el tiempo medio de brotación (TMB) de yemas de uva bajo condiciones del trópico alto. Promedios seguidos de letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey (*P*≤0,05).



La primera emisión de yemas en estado punta verde, con un 6,6% de yemas brotadas a los 23 ddp. A los 26 ddp los tratamientos de ajo al 50% y ajo 100% respondieron con 13,3% y 6,6% de yemas, respectivamente, mientras que la aplicación de agua como testigo absoluto logró brotación a los 29 ddp con 11,6%.

Figura 7-3: Efecto del extracto de ajo sobre la velocidad media de brotación (TMB) de yemas de uva bajo condiciones del trópico alto. Promedios seguidos de letras iguales no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey (*P*≤0,05).



En todos los casos, las primeras yemas en brotar fueron las insertadas sobre los pulgares, debido a la fuerte fertilidad existente en estas estructuras. De acuerdo con Valor y Bautista (1997), la fertilidad en V. vinifera tiende a aumentar de la base hacia la porción media, donde se alcanza un máximo a partir del cual comienza a decrecer. Sin embargo, el patrón de fertilidad de yemas presenta muchas variaciones entre cultivares y entre diferentes ciclos de crecimiento de un mismo cultivar.

Según Butrosse (1974), en el proceso de brotación la temperatura juega un papel determinante. Las temperaturas del trópico y posiblemente la alta radiación UV-B hacen que la brotación no sea uniformemente en las yemas más alejadas del tronco, trayendo consigo una baja uniformidad en la maduración la cual afecta la calidad del fruto al momento de la cosecha (Valor y Bautista, 1997).

En tanto que Valor y Bautista (2001), evaluando la fenología de cuatro cultivares de vid para vino, encontraron brotaciones entre 9 y 10 ddp. Vargas *et al*. (1994) menciona que la duración de la brotación se hace mayor debido a las condiciones climáticas, especialmente a lo relacionado con la duración del fotoperiodo.

Estos resultados comprueban que el extracto de ajo es un inductor del rompimiento del estado de dormancia en cultivares de vid, en zonas tropicales de altitud en donde existe deficiencia en la acumulación de temperaturas inferiores a 7°C, como es el caso del municipio de Corrales. Sin embargo, Kubota *et al*. (2003) mencionan que a pesar de la eficacia de estos compuestos, sus efectos durante el tiempo y la concentración aún no se han investigado en relación con las fases de reposo vegetativo.

Kubota *et al*. (2000) determinaron que el disulfuro de alilo es la sustancia más importante encontrada en el ajo que induce brotación en uva. Este compuesto también ha sido eficiente en la ruptura de la dormancia de cormos, tubérculos (Hosoki *et al*., 1985) y en yemas de manzano (Wang y Faust, 1994).

Según Pinto *et al*. (2007), los principales mecanismos implicados en la ruptura de la dormancia de plantas frutales de clima templado relacionados con la inducción de estrés oxidativo es el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) que actúa como una señal química, provocando la activación de la expresión de genes que directa o indirectamente, inducen cambios metabólicos detectados por otras moléculas, tales como kinasa, que activan o reprimen la expresión de los genes implicadas en el rompimiento de la dormancia. Según Pérez y Lira (2005), la aplicación de cianamida hidrogenada, como la exposición al frío inhibe la actividad de catalasa, la principal enzima responsable de la degradación de peróxido de hidrógeno en la yema de la vid.

Según Kubota et al. (2003), las sustancias activas de ajo son responsables de la salida de la dormancia en la uva, compuestos volátiles de sulfito de alilo con dos grupos, en particular el dial disulfito, aunque el dial mono, tri y tetra sulfitos también pueden estar involucrados. Posiblemente, estos compuestos actúan por el mismo mecanismo propuesto por Pinto *et al*. (2007), en el rompimiento de dormancia de las plantas de frutas

caducifolias, es decir, por el estrés oxidativo que se genera a través de la acumulación de H_2O_2.

Efectos favorables de la aplicación de ajo sobre la brotación de diferentes variedades de uva también fueron encontrados por Kubota *et al*. (1987), Kubota y Miyamuki (1992), Kubota *et al*. (2000), Kubota *et al*. (2002) utilizando pasta de ajo, por Kubota *et al*. (1999a) con ajo rallado hervido. Por su parte, Bothelo *et al*. (2007) reportan un efecto positivo con extracto de ajo en la brotación de manzana 'Royal Gala', respuesta que es directamente proporcional a la dosis (1%, 5% y 10%), resultado que difiere parcialmente de lo encontrado en la presente investigación, ya que el tratamiento de ajo al 50% fue levemente superior al de ajo al 100%, lo cual se puede deber a que este último tratamiento al ser más viscoso no garantizó un recubrimiento uniforme de las yemas.

7.5.2 Área foliar, número de hojas, racimos y brotes

La mayor respuesta del área foliar la presentó la aplicación de cianamida hidrogenada con 1.984,64 cm^2/planta, seguido por el tratamiento de ajo al 50% con 1.926,6 cm2/planta, solo hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) respecto al testigo que generó la menor cantidad de área foliar (tabla 7-2). Los tratamientos de ajo y cianamida hidrogenada desplegaron la primera hoja a los 26 ddp. El mayor número de hojas se obtuvo con la aplicación de ajo al 50%, sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticas (tabla 7-2). En el número de brotes y de racimos tampoco se presentaron diferencias estadísticas, a pesar de esto, hubo mayor número de racimos con la aplicación de ajo al 50% y de brotes con la cianamida hidrogenada, en los dos casos, el testigo mostró los valores más bajos (tabla 7-2).

Tabla 7-2: Efecto del extracto de ajo sobre el área foliar número de hojas, racimos y brotes de plantas de uva bajo condiciones del trópico alto.

Tratamientos	Área foliar (cm^2)	Número de hojas	Número de racimos	Número de brotes
Testigo	1223,79 b	43a	10,4 a	28,2 a
Cianamida hidrogenada	1984,64 a	52a	10,8 a	42,4 a
Ajo 50%	1926,59 a	58 a	13,4 a	37 a
Ajo 100%	1660,64 a	49a	12,6 a	31,4 a
Significancia	*	ns	ns	ns

Promedios seguidos de letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). ns: no hay diferencias estadísticas; * diferencias estadísticas al 5% de acuerdo con el Anava.

La respuesta del crecimiento es dependiente del número de hojas y de la cantidad de área foliar expuesta a la luz. Las hojas son las directamente responsables de muchas funciones para el crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como intercepción y absorción de energía luminosa, fotosíntesis, respiración, fotorespiración y traslocación de fotoasimilados hacia los sumideros (Disegna *et al*., 2005). De acuerdo con Navarrete (2003), de la capacidad que tengan las plantas para realizar estos procesos metabólicos depende su estado de desarrollo. La deficiencia del aparato fotosintético implica un lento crecimiento y desarrollo de la planta, pues implica menor tasa fotosintética, y por tanto, afecta el crecimiento de los pámpanos.

De acuerdo con lo anterior, las aplicaciones de ajo y de cianamida hidrogenada estarían favoreciendo de manera indirecta el crecimiento y desarrollo de la vid, pues aceleraron la brotación de yemas y aparición de hojas, las cuales iniciaron el proceso fotosintético más rápidamente, y aunque no hubo diferencias en el número de hojas, racimos y brotes, muy posiblemente si se podrá obtener una respuesta favorable y diferencial en el tamaño de las bayas y del racimo de las plantas tratadas con ajo y la cianamida, esto debido a que dichas plantas poseen mayor área foliar que les garantizará mayor producción de fotoasimilados que serán translocados en su mayoría a los órganos vertederos, asimismo, es probable que la calidad de las bayas y del vino sea mayor.

En concordancia, Kubota *et al*. (2000) evaluaron la aplicación de ajo, disulfuro dialilo y cianamida hidrogenada en el rompimiento de la dormancia de plantas de uva cvs. Pione y Thompson Seedless, y encontraron que las plantas que brotaron primero presentaron brotes de mayor longitud en Thompson Seedless, se observó mayor número de racimos con ajo y disulfuro dialilo pero en el primer cultivar no se obtuvo efecto significativo en este parámetro. Estos autores comentan que crecimiento vigoroso de los brotes generado por una brotación más rápida podría estar relacionado con el aborto de algunos racimos de flores, lo cual podría también explicar los resultados encontrados en el presente estudio.

7.6 Referencias bibliográficas

Botelho, R.; A. Maia; P. Paioli y M. Monteiro. 2009. Efeito do extrato de alho na quebra de dormência de gemas de videiras e no controle in vitro do agente causal da antracnose (*Elsinoe ampelina* Shear). ver. Bras. Viticult. 31(1), 10-16.

Botelho, R.; A. Pavanello; E. Pires, M. Terra y M. Muller. 2007. Effects of chilling and garlic extract on bud dormancy release in Cabernet Sauvignon grapevine cuttings. Amer. J. Enol. Viticult. 58, 402-404.

Butrose, M. 1974. Climatic factors and fruitfulness in grapevines. A review. Hort. Abstr 44, 319-326.

Disegna, E., A. Coniberti y E. Dellacassa. 2005. Medición de área foliar de la vid: una herramienta para producir vinos de calidad. INIA Montevideo (Uruguay). 4,18 -20.

Dokoozlian, N.K. 1999. Chilling temperature and duration interact on the budbreak of 'Perlette' grapevine cuttings. HortScience 34(6), 1054-1056.

EOT, Corrales. 2009. Alcaldía municipal del municipio de Corrales, Boyacá.

FAO. 2010. FAOSTSTAT. Área cosechada, producción y rendimiento de uva. En: http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor; consulta: agosto de 2010.

Gómez, F. 2004. Zonificación. Terroir y la Denominación de Origen, en el fortalecimiento de los campesinos viticultores del valle del sol. Cultura Científica 2, 15-25.

Hosoki, T.; H. Hiura y M. Hamada. 1985. Breaking bud dormancy in corms, tubers, and trees with sulfur-containing compounds. HortScience 20, 290-291.

Kubota N.; K. Toriu; Y. Yamane; T. Kawazu; T. Higuchi y S. Nishimura. 2003. Identification of active substances in chinese chive and rakkyo plants responsible for breaking bud dormancy in grape cuttings. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 72(4), 268-274.

Kubota, N.; M. Matthews; T. Takahagi y W. Kliewer. 2000. Effect of garlic preparations and of calcium and hydrogen cyanamides on budbreak of grapevines grown in greenhouses. Amer. J. Enol. Vitic. 51(4), 409-414.

Kubota, N.; M. Miyamuki; Y. Yamane, A. Kobayashi y F. Mizutani. 1999. Breaking bud dormancy in grapevine cuttings with garlic volatiles. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 68, 927-931.

Kubota, N.; G. Yanagisawa y K. Shimamura. 1987. Effect of root temperature on budbreak, shoot growth, and development of flower clusters of fruiting 'Muscat of Alexandria' vines under forced conditions J. Jap. Soc. Hort. Sci. 56, 16-23.

Kubota, N. y M. Miyamuki. 1992. Breaking bud dormancy in grapevines with garlic paste. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117, 898-901.

Martínez, F. 1991. Biología de la vid. Fundamentos biológicos de la viticultura. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Navarrete, O. 2003. Deshidratación prematura en bayas de *Vitis vinifera* cv Merlot: efecto de la disminución del área foliar y aplicación de un antitranspirante. Universidad de Talca, Chile.

Pérez, F. y W. Lira. 2005. Possible role of catalase in post-dormancy bud break in grapevines. J. Plant Physiol. 162(3), 301-308.

Pinto, M., W. Lira, H. Ugalde y F. Pérez. 2003. Fisiologia de la latencia de las yemas de vid: hipótesis actuales. Universidad de Chile. 16 p. En: http://agronomia.uchile.cl/extension/serviciosyproductos/gie/publicaciones; consulta: agosto de 2009.

Quijano, M. 2004. Ecología de una conexión solar. De la adoración del sol al desarrollo vitivinícola regional. Cultura Científica 2, 5-9.

Quijano, M. 2001. Los vinos del valle del sol. Cultura Científica 1, 5-11.

Reynier, A. 1995. Manual de viticultura. Quinta edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Salazar, D y P. Melgarejo. 2005. Viticultura. Técnicas del cultivo de la vid, calidad de la uva y atributos de los vinos. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Settimi, L., F. Davanzo, M. Faraoni, G. Micelli, D. Richmond y G. Calvert. 2005. Hidrogen cyanamide-related illnesses-Italy, 2002-2004. Morbidity and Mortality Weekly Report, Atlanta 54, 405-408.

Toro, J. 1996. Como provocar una brotación uniforme. pp.15-16. En: Galindo, J., J. Toro y A. García (eds.). Manejo técnico del cultivo de la vid en el Valle del Cauca. Ceniuva, Colciencias, Bogotá.

Valor, O. y D. Bautista. 2001. Estudio fenológico de cuatro variedades de vid bajo las condiciones del tocuyo, estado de Lara. Bioagro 13(2), 57-63.

Valor, O. y D. Bautista. 1997. Brotación y fertilidad de yemas en tres cultivares de vid para vino. Agronomía Tropical 47(3), 347-358.

Vargas-Arispuro, I.; C. Corrales-Maldonado y M. Martínez-Téllez. 2008. Compuestos derivados de ajo como agentes inductores de brotación en cultivo orgánico de uva de mesa. Chil. J. Agr. Res. 68(1), 94-101.

Vargas, G.; D. Bautista y P. Rabbion. 1994. Evaluación de variedades de vid para vino en condiciones tropicales. Agronomía Tropical 46(1), 18-29.

Wang, S.Y. y M. Faust. 1994. Changes in the antioxidant system associated with budbreak in 'Anna' apple (Malus domestica Borkh.) buds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119,735-741.

Westwood, M.N. 1993. Temperate-zone pomology. 3rd edition. Timber Press, Portland, OR.

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

En el cultivar de vid Pinot Noir se determinaron claramente los cuatro estadios fenológicos del fruto. El estado herbáceo tuvo una duración de 63 días, el envero de 14 días, la maduración 42 días y la sobre maduración 21 días. En el estado herbáceo el cambio en los sólidos solubles fue el evento más determinante. En el estado de envero predominó la variación de la acidez total titulable. En la maduración, la concentración de SST fue el cambio más importante y en el estadio de sobremaduración el factor más representativo fue la masa seca. El punto óptimo de cosecha de uva para vino cultivar Pinot Noir cultivados en condiciones agroecológicas de la Loma de Punta larga es a los 126 dda.

El comportamiento de la masa seca y fresca indicó que la curva de desarrollo del fruto de la uva variedad Pinot Noir es doble sigmoide con dos periodos de rápido crecimiento que están separados por un periodo de lento crecimiento correspondiente al estado de envero, dicho comportamiento fue explicado por dos modelos logísticos subsecuentes. En los frutos de 'Pinot Noir' se observó que hubo una disminución del pH, SST e IMT y un aumento de la ATT durante el inicio del estado herbáceo, después de este momento y hasta la cosecha el comportamiento fue contrario, es decir, que el pH, SST e IMT aumentaron y la ATT disminuyó.

La variedad "Pinot Noir" puede ser cosechada en el inicio del periodo de sobremaduración (800,6 GDC), lo cual garantiza frutos con alta acumulación de masa fresca y de SST que van a favorecer tanto al agricultor de uva como al productor de vino. En este punto se alcanza un IMT=24,87 ± 1,47, SST=23,33 ± 0,24 ºBrix, ATT=0,94 ± 0,06 %, pH=3,18 ± 0,03, masa seca=0,21 ± 0,0057 g y una masa fresca=1,51 ± 0,01 g.

Bajo las condiciones agroecológicas del municipio de Corrales (Boyacá, Colombia), el desarrollo del fruto de uva 'Riesling x Silvaner' fue de 119 días desde la antesis y su desarrollo pudo ser explicado eficientemente por una curva doble sigmoide, con tres estadios definidos, herbáceo, envero y maduración. El estadio herbáceo finalizó a los 63 dda y fue el periodo más largo. El periodo envero fue el más corto (14 días) y terminó a los 77 dda, mientras que el estadio de maduración tuvo una duración de 42 días. Durante el desarrollo de las bayas, los SST aumentaron, al igual que el pH y el IMT, pero la ATT disminuyó.

Se recomienda como alternativa para mejorar la calidad y producción de bayas Riesling x Silvaner el raleo correspondiente al 66% de los racimos/planta y sin deshoje, debido a que generó la mayor masa de racimos y frutos, producción y sólidos solubles totales, valores considerables de acidez titulable e IMT y un bajo pH. El deshoje disminuyó la producción, la masa de frutos y racimos y el IMT, pero aumentó los sólidos solubles totales y la acidez titulable. Plantas con el 66% de los racimos presentaron mayores valores de los componentes de producción, sólidos solubles, alta acidez titulable e IMT y bajo pH en las bayas. Esta práctica se convierte en una alternativa para mejorar la producción y calidad de la uva con destino a la elaboración de vinos de calidad.

La aplicación de ajo al 50% presentó el mayor porcentaje de brotación, el menor tiempo medio de brotación, la mayor velocidad media de brotación, y una respuesta favorable en el área foliar, número de hojas, brotes y racimos de plantas de uva de la selección clonal Riesling x Silvaner, resultando ser el mejor tratamiento en la estimulación de salida de reposo de la uva y una buena alternativa para reemplazar el uso de la cianamida hidrogenada en este cultivo.

Los resultados expuestos ponen de manifiesto que el proceso de maduración es un fenómeno dinámico que varía, entre otros factores, según las condiciones climáticas de cada región, independientemente de que las pautas generales se repitan año tras año o de unas zonas a otras. Sin embargo, a pesar de existir pautas generales, la magnitud del descenso o aumento de unos compuestos y de otros, así como el momento en que estos cambios se producen varía notablemente, para una misma variedad, entre regiones y

entre cosechas, haciendo imprescindible un control particular de la maduración de cada variedad, en cada ciclo de cultivo, si no se quiere correr el riesgo de vendimiar frutos en condiciones de elaboración que no sean las adecuadas o las óptimas.

No se debe fijar una fecha de vendimia sin tener en cuenta la evolución de los componentes de la baya, así como no se debería considerar la misma fecha de vendimia para mostos de distintas características y que se vayan a elaborar con diferentes variedades.

En general, cada variedad madura de una forma individual, incluso dentro de una misma parcela existe una gran heterogeneidad en el grado de maduración entre vides, descendiendo esta diversidad hasta los racimos e incluso en cada baya. Evidentemente no sería funcional, factible, rentable, ni lógico, controlar la maduración racimo a racimo, sobre todo teniendo en cuenta que a veces, incluso, se hace inviable controlar la maduración de las distintas parcelas. Sin embargo, si se persigue la calidad se debería controlar, al menos, a cada variedad por separado, o incluso, decidir una posibilidad de retardar las vendimias en la variedad Riesling x Silvaner, esto no es posible en Pinot Noir por que se deshidrata muy rápidamente, aún en la misma planta, si se observan cambios bruscos en la composición debido a las precipitaciones u otros fenómenos climáticos aislados. Con ello, y teniendo en cuenta que el valor de la uva es valorado por los °brix, favorecería a los productores y por ende al enólogo.

8.2 Recomendaciones

Es recomendable realizar el estudio de crecimiento y desarrollo del fruto en otras variedades de uva para la elaboración de vinos como Riesling, Cabernet Sauvignon y Suavignon blanca, entre otras, bajo condiciones de clima frio tropical, que permitan generar criterios técnicos para un manejo más adecuado del cultivo, esto con el fin de que los frutos cosechados tengan las características fisicoquímicas y fisiológicas más favorables para la obtención de vinos de la más alta calidad, que favorezcan a los vitivinicultores y a los consumidores.

Es importante continuar este estudio con una etapa donde se pueda evaluar el efecto de los parámetros tenidos en cuenta en la presente investigación, sobre la calidad final del vino.

Teniendo en cuenta que las altas precipitaciones generan mayores rendimientos, que no necesariamente implican pérdida en la calidad del fruto si se acompañan de condiciones de temperatura e insolación adecuadas; que si el ciclo de cultivo es muy caluroso habrá que atender la evolución de la acidez para evitar cosechar frutos con valores muy bajos que implicarán la corrección por parte del enólogo, del mosto, con el empleo de sustancias que harían perder al vino su denominación de origen, y que en temporadas frías se debe seguir con atención el comportamiento en la acumulación de los sólidos solubles, ya que se podría producir una ralentización o paralización de la biosíntesis de los mismos, no alcanzándose la concentración necesaria para la consecución del grado alcohólico adecuado en los vinos. Es recomendable investigar más a fondo el efecto de los elementos del clima mencionados, junto con otros como la radiación, brillo solar y velocidad del viento sobre la producción y calidad de los frutos de uva, así como como el posible efecto en la calidad de los vinos.

También es importante replicar este estudio en otras épocas del año, con condiciones climáticas distintas, así como en otras regiones de clima frío tropical donde se produzcan o potencial puedan producir uvas destinadas para la elaboración de vinos de excelente calidad.