

COMPORTAMIENTO FENOLOGICO DE (*Vitis vinífera* L.) cv CABERNET SAUVIGNON EN SUTAMARCHÁN -BOYACÁ

POR: ¹VARGAS HERRERA, Diana Carolina / ²ALMANZA-MERCHÁN, Pedro José / ³CAMACHO, Mauricio

PHENOLOGICAL BEHAVIOR OF THE GRAPEVINE (*Vitis vinifera* L.), cv CABERNET SAUVIGNON IN SUTAMARCHÁN-BOYACÁ.

¹Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia). dianac_vargas@hotmail.com

²PhD. En Ciencias Agropecuarias, Fisiología Vegetal. Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Investigaciones Ecofisiología Vegetal, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Colombia). E-mail: ppcalma@gmail.com

³Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia, Especialista en viticultura y enología. Enólogo del Viñedo Marquéz de Villa de Leyva, Sutamarchán (Boyacá - Colombia). Mauriocoa22@hotmail.com

Recibido: 22 de mayo de 2013

Aceptado para publicación: 27 de septiembre de 2013

Tipo: Investigación

TO LA VID IGNON

RESUMEN

En condiciones de clima frío tropical, la vid presenta desórdenes fenológicos que dificultan el manejo agronómico y por ende la calidad en la vendimia. Con el objetivo de establecer los ciclos fenológicos se determinó la duración de las diferentes fases del desarrollo de la vid, "Cabernet Sauvignon" (*Vitis vinifera* L.) en el viñedo Ain-Karim (5°39' N, 73°95' W); situado a una altitud de 2110 msnm. Se determinó la duración promedio de los subperíodos de brotación (BR), floración (FL), envero (EN) y vendimia (VE) desde la poda hasta el ciclo de crecimiento, de acuerdo con la escala de la Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt Chemise (BBCH). Para establecer la media de los procesos se consideró el momento en que las plantas alcanzaron el 50% de cada evento. La determinación de grados día de crecimiento (GDC), se apoyó con el registro de temperaturas, mediante un datalogger. Los datos fenológicos se sometieron a análisis descriptivos, tales como promedios y desviación estándar. El período comprendido entre poda (PO) y vendimia (VE), con temperatura promedio de 17,87 °C, correspondió a 183 días, acumulando 1458,1 grados día de crecimiento (GDC). El lapso entre poda y brotación fue de 20 días, con un registro de 154,1 GDC. La floración ocurrió a los 50 días después de la poda (DDP), con 397,7 GDC. El envero, por su parte, se presentó a los 122 DDP con una acumulación de 578,2 GDC. En tanto que desde el envero hasta la maduración se notaron 478,9 GDC en 62 días. Bajo las condiciones agroclimáticas de Sutamarichán, Boyacá, se acumularon en promedio, 7,98 grados de crecimiento diario, lo que implica que para la variedad Cabernet Sauvignon, la etapa fenológica es de 184 días, confirmando 1458,1 GDC.

Palabras clave: Crecimiento de la vid, fenología, temperaturas, clima tropical.

ABSTRACT

In tropical cold weather, the grapevine presents phenological disorders, difficult agronomic disfavoring vintage quality. With the purpose of establishing phenological cycles determined the duration of the different phases of the development cycle of the grapevine, cv "Cabernet Sauvignon" (*Vitis vinifera* L.) in the vineyard Ain-Karim (5°39' N, 73°95' W), 2110 masl. We determined the average duration of sprouting (SP), flowering (FL), veraison (VE) and vintage (VI) periods from pruning, and the total cycle of growth, according to the phenological scale Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt Chemise (BBCH). To set the average of the process was considered when the plants reached 50% of each event. Determining growing degree days (GDD) support the temperature record by a datalogger. Phenological data were subjected to a descriptive analysis as means and standard deviation. The duration of the period between pruning (PR) and vintage (VI), with average temperature of 17.87 °C, had a duration of 183 days after pruning (DAP), accumulating growing degree days 1458.1 (GDD). Flowering occurred at 50 days after pruning (DAP), accumulating 397.7 GDD. Veraison 122 was presented to the accumulation of 578.2 DAP with GDD. While from veraison to maturity 478.9 GDD accumulated in 62 days. Under Sutamarichán agro-climatic conditions, during the investigation, collects, on average, 7.98 degrees daily growth, which implies that for the Cabernet Sauvignon, the total duration of the phenological cycle is 184 days, accumulating 1458.1 GDD.

Keywords: Vine growth, Phenological Phases, Temperature, Tropical weather.

INTRODUCCIÓN

La vid (*Vitis vinifera* L.) es una especie originaria de zonas donde se presentan las cuatro estaciones. Por tanto, para un adecuado desarrollo fenológico, requiere de variaciones estacionales definidas (Santibañez *et al.*, 1989). Sin embargo, y gracias a las características agroclimáticas de algunas regiones, situadas bajo condiciones tropicales, que junto a la alta plasticidad fenotípica de la planta, se ve expresado el potencial genético para la producción de vinos tropicales de calidad. Jones y Davis (2000) señalan que el crecimiento de la cepa ocurre como un efecto directo de las condiciones climáticas y puede ser descrito a través de los ciclos fenológicos. Norero (1990), describe a la fenología como el estudio entre los factores ambientales y los fenómenos del crecimiento y desarrollo de las plantas. Las situaciones fenológicas usualmente observadas, bajo condiciones de campo, para el caso de la vid, son brotación, floración, cuajado de fruto, crecimiento de la baya, envero, maduración del fruto, agostamiento, caída de hojas y reposo (Almanza *et al.*, 2012b). Tesic *et al.* (2002) aseguran que el tiempo cronológico entre los diferentes estadios fenológicos presenta variaciones de acuerdo con la variedad, clima y localización geográfica. Al respecto, Piña y Bautista (2004) mencionan que el conocimiento de la fenología de la vid que crece en diferentes zonas podría permitir la determinación de la capacidad adaptativa y potencializar la producción.

En condiciones de clima frío tropical, como el de Boyacá, Colombia, las vides pueden producir desde 1,5 (M. Camacho, comunicación personal) hasta 1,8 cosechas al año, gracias a la intervención del hombre (podas) y a las condiciones agroclimáticas regionales (Almanza, 2011). Este tipo de zonas se caracterizan por la ausencia de períodos estacionales y temperaturas medias cercanas a 18°C, lo que implica que la vid, bajo estas condiciones, exhibe un reposo vegetativo minúsculo o en algunos casos no se presenta (Fregoni, 2005). Además, las lluvias se manifiestan distribuidas durante el año en períodos bimodales definidos por dos picos máximos (abril - mayo y septiembre - octubre). Esto, induce desarreglos fisiológicos en la fenología de la planta que hacen que los ciclos no sean uniformes, generando dificultad en el manejo agronómico, lo que puede presentar vendimias dispares en la maduración (Almanza *et al.*, 2012b).

De acuerdo con Branas *et al.* (1946) y Almanza y Balaguera (2009), la temperatura es el factor climático más importante para definir la época y el dinamismo de las distintas fases fenológicas de la vid, dado que cada variedad tiene su propia temperatura fisiológica base o cero de vegetación, la cual sirve para establecer la llamada acumulación de grados día de crecimiento (GDC) o calor acumulado por día y que se relaciona con la temperatura media diaria por encima de la cual se produce crecimiento y desarrollo. Algunos autores mencionan que la temperatura fisiológica base, corresponde a 10°C (Reynier, 1995; Antonacci *et al.*, 2001; Hidalgo, 2002). Sin embargo, ésta cambia de acuerdo con los estadios de desarrollo fenológico (Oliveira, 1998). En cuanto a investigaciones basadas en la temperatura óptima para cada etapa de desarrollo del cultivo de la vid, se han encontrado las siguientes: para apertura de yemas de 8 a 12°C, floración de 18 a 22°C, desde floración a envero de 22 a 26°C, de envero a maduración entre 20 a 24°C y para vendimia de 18 a 22°C (Reynier, 1995).

La comprensión de la fenología de la vid y el clima (en especial la temperatura) de una zona específica tiene aplicaciones prácticas en la planificación y coordinación de las labores en los viñedos, de tal modo que permitan optimizar los recursos y aumentar la productividad y la calidad, especialmente, cuando en la región hay desconocimiento sobre la cantidad de calor que se acumula diariamente en las cepas adaptadas a estas condiciones climáticas. Por lo anterior, la investigación se enfocó en determinar el ciclo fenológico de la uva variedad Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.), en tiempo fisiológico y cronológico, bajo las condiciones de la región del alto Ricaurte en Sutamarchán, Boyacá - Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el viñedo Marqués de Villa de Leyva, finca Ain Karim, en Sutamarchán, Boyacá - Colombia, situado a 5°39'N y 73°95'W; a una altura de 2110 msnm. En el viñedo se presenta una temperatura promedio anual de 16,9°C que varía según las épocas del año, con temperatura mínima absoluta de 6,6°C y máxima absoluta de 26,2°C (Walteros *et al.*, 2012b).

El material vegetal evaluado correspondió a la cepa tinta "Cabernet Sauvignon", proveniente de Francia e injertada sobre el patrón 1103 Paulsen (*Vitis rupestris* X V. berlandieri). Las plantas tienen una edad de 9 años; la distancia de plantación correspondió a 1,5 m entre surcos y 1,0 m entre plantas, con soporte en espaldera vertical con tres alambres y sistema de conducción tipo royat o cordón bilateral (Walteros *et al.*, 2012a). El viñedo, se encuentra dividido en lotes que cuentan con sistema de fertirriego por goteo. Para el estudio se trabajó bajo un diseño experimental al azar en los lotes 6, 7 y 9; en cada uno se evaluaron 15 plantas, individualmente correspondientes a una unidad experimental.

El ciclo fenológico fue evaluado cronológicamente, desde la poda hasta la vendimia, las plantas se podaron el mismo día (13/07/2012) y se realizó la aplicación de compensador de frío [Cianamida Hidrogenada (Dormex®)] al 2,5%. A partir de este momento se inició la estimación de los períodos fenológicos para establecer la media de los procesos, se consideró el momento en que las plantas alcanzaron el 50%, como promedio de cada evento, de acuerdo con la escala de la BBCH (Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt Chemise) de los estados fenológicos de desarrollo de la vid (*Vitis vinifera* L. ssp. *Vinifera*) (Lorenz *et al.*, 1994), correspondiente a los subperíodos 09 (brotación), 65 (floración), 81 (envero) y 89 (vendimia). La vendimia se realizó cuando las bayas se encontraron organolépticamente aptas para la producción de vino, es decir, cuando la concentración de sólidos solubles totales y la acidez alcanzaron los niveles establecidos por el viñedo (22 a 24 °Brix y 7 a 9 g L⁻¹ de acidez, expresado en ácido tartárico). El manejo agronómico de la plantación se realizó de acuerdo con los parámetros determinados por el viticultor (poda, fertirrigación, controles fitosanitarios, etc).

Para determinar la acumulación de grados día de crecimiento-GDC, el estudio se apoyó en la toma de registros de temperaturas mediante un termohidrógrafo (modelo RHT20) de Extech Instruments (U.S.A), ubicado en el viñedo. Los GDC se calcularon siguiendo la metodología aplicada por Rodríguez y Flórez (2006), con variación en la determina-



ción de la temperatura promedio, para lo cual se utilizó la fórmula del IDEAM:

$$\text{GDC} = \frac{\Sigma T(7:00 \text{ am}) + T(13:00 \text{ pm}) + 2T(19 \text{ pm})}{4} - T_{\text{base}}(1)$$

La T corresponde a la temperatura de acuerdo a la hora; Tbase es la temperatura en la que el proceso metabólico de la vid es mínimo (10°C).

Los datos fenológicos se sometieron a análisis descriptivos tales como promedios y desviación estándar mientras que, la representación gráfica (apoyada por registros fotográficos) de los subperíodos de poda a brotación (PO – BR), brotación a floración (BR – FL), floración a envero (FL – EN) y envero a vendimia (EN – VE) se demostró de acuerdo con la escala de la BBCH.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el comportamiento climático, se encontró que la temperatura máxima promedio (tabla 1), se presentó durante los meses de agosto a noviembre (18,26; 18,05, 18,18 y 18,12 °C) lo que implica una mayor acumulación de GDC. En tanto que en el mes de diciembre, por ser el más frío (menor mínima absoluta), se acumula menos temperatura.

Tabla 1. Promedios de temperatura y humedad relativa registradas en el viñedo Ain Karim, durante el estudio (julio de 2012 a enero de 2013).

Mes	Humedad relativa - HR (%)	Precipitación (mm)	Temperatura °C		
			Mínima absoluta	Máxima absoluta	Promedio ¹
Julio	64,41	5,1	11,67	24,69	17,54
Agosto	63,46	12,0	11,68	24,85	18,26
Septiembre	69,88	0,0	10,31	25,12	18,05
Octubre	78,50	140,0	11,60	26,11	18,18
Noviembre	70,0	30,1	11,58	26,14	18,12
Diciembre	73,81	54,8	9,91	25,76	17,37
Enero	68,8	0,0	9,59	25,63	17,58
PROMEDIO	69,83	242 ²	10,9	25,47	17,87

¹Promedio calculado según la metodología del IDEAM $[T(7:00 \text{ am}) + T(13:00 \text{ pm}) + 2T(19 \text{ pm})/4]$.

²El valor de la precipitación corresponde al acumulado durante el estudio.

El ciclo total del período comprendido entre poda (PO) y vendimia (VE) bajo las condiciones climáticas del viñedo, con una temperatura promedio de 17,87°C (tabla 1), tuvo una duración de 183 días después de la poda (DDP), acumulando 1458,1 grados día de crecimiento (GDC). Esto indica que en promedio se acumulan 7,98 grados. En cuanto a los subperíodos, los días transcurridos entre PO – BR, BR – FL, FL – EN y EN – VE fueron en promedio 20, 30, 72 y 62 días, acumulando en cada subperíodo 154,1, 243,6, 580,5 y 479,8 GDC respectivamente (tabla 2).

Tabla 2. Duración en tiempo cronológico y fisiológico de los estadios fenológicos de la vid Cabernet Sauvignon en Sutamarchán-Boyacá, durante la segunda temporada de 2012.

Subperíodo	Código BBCH	Fecha	DDP	DDP acumulado	GDC	GDC acumulado
PO – BR	00-09	13/07/2012 - 02/08/2012	20	20	154,1	154,1
BR – FL	09-65	02/08/2012 - 01/09/2012	30	50	243,6	397,7
FL – EN	65-81	01/09/2012 - 12/11/2012	72	122	580,5	978,2
EN – VE	81-89	12/11/2012 - 13/01/2013	62	184	479,8	1458,1
PO – VE	00-89	24/07/2012 - 13/01/2013	184	184	1458,1	1458,1

(PO): Poda; (BR): Brotación hojas; (FL): Floración; (EN): Envero; (VE): Vendimia.

El valor encontrado en el presente estudio, 1458,1 grados día de crecimiento (GDC), coincide con la clasificación de la



Figura 1. Yema en letargo de la variedad Cabernet Sauvignon, correspondiente al subestadio fenológico 00 de la escala BBCH.

escala de Amerine y Winkler (1944), situándola en la región I. De acuerdo con Rivera (2003), bajo condiciones climáticas de Chile, a una temperatura media de 16,5°C, se reporta que la duración total del ciclo fue de 192 DDP, acumulando 1418 GDC, en promedio diario 7,38 grados; que es casi comparable con lo encontrado en esta investigación. Las diferencias podrían darse por la metodología empleada en la determinación de los GDC y la amplitud térmica diaria en las zonas de estudio.

Sato *et al.* (2011), establecieron que la región de Maringá-Paraná (23°25'S, 51°57'W), con una temperatura anual de 20,7°C, Cabernet Sauvignon presenta características óptimas para ser cosechada a los 130 DDP, en tanto que, Lima *et al.* (2003) hallaron que en el Valle de San Francisco (Brasil), con temperatura media anual de 25,6°C, la maduración se muestra a los 131 DDP. De otra parte, Mandelli *et al.* (2004) reportan que en la Sierra Gaucha brasilera, con una temperatura promedio de 17°C, se manifiesta un ciclo aproximado de 168 días. Jones y Davis (2000) encontraron que con una temperatura media de 13°C la variedad Bourdeaux, puede vendimiarse a los 193 días. De acuerdo con lo anterior, es claro que las diferencias del ciclo vegetativo encontradas en este trabajo y contrastadas con otras regiones, implica que las temperaturas del aire podrían ser el factor más importante que influye en la variación fenológica de una misma variedad (Kishino y Marur, 2007), lo que es confirmado por Jones y Davis (2000), que además indican que la localización geográfica y las prácticas culturales también afectan los ciclos fenológicos.



Figura 2. Yema en borra o estado lanoso en la variedad Cabernet Sauvignon, correspondiente al subestadio fenológico 07 de la escala BBCH.



Figura 3. Punta verde, en la variedad Cabernet Sauvignon toma coloración rojiza, correspondiente al subestadio fenológico 09 de la escala BBCH.



Figura 4. Hojas desplegadas y fuera del brote en la variedad Cabernet Sauvignon, correspondiente al subestadio fenológico 10 de la escala BBCH.

DE LA PODA A LA BROTAÇÃO

De acuerdo con la escala de la BBCH, este evento corresponde al estadio principal 0, representado en el estudio por los códigos 00 (PO) hasta 09 (BR). El 13/07/2012, se realizó la poda y la aplicación de Cianamida Hidrogenada. La brotación promedio ocurrió el 2/08/2012, con una duración de 20 DDP acumulando 154,1 GDC (tabla 2). Cuando se realizó la poda, las plantas se encontraban en dormancia, en este ciclo las yemas estaban cubiertas por escamas protectoras (figura 1). Posteriormente se presentó el proceso activo de brotación, evidente por hinchamiento de las yemas, separación de las escamas y aparición de una superficie vellosa o borra (figura 2). Al finalizar este ciclo se da inicio a la brotación, caracterizada por la aparición de una punta verde (figura 3) y el nacimiento de los primordios foliares (figura 4).

Rivera, (2003), encontró que bajo condiciones agroecológicas de Chile, Cabernet Sauvignon presenta la brotación a los 14 días después de poda (DDP), acumulando 74 GDC; Piña y Bautista (2004), mencionan que puede ocurrir entre 12-13 DDP. Vargas *et al* 1994, indican que la duración del ciclo es mayor cuando se presentan días cortos, lo que justificaría que bajo las condiciones de temperatura en Sutamarchán, se haya presentado la brotación a los 20 días. Pire y Tortoledo (1993) sugieren que al aumentarse la humedad del suelo, se afecta el ciclo de brotación, por cuanto éste se incrementa. Por su parte, Bautista y Vargas (1981), lo atribuyen al genotipo, mientras que Galet (1990), lo justifica mencionando

que Cabernet Sauvignon es una variedad catalogada como tardía en su brotación.

DE LA BROTAÇÃO A LA FLORACIÓN

El período se inició desde el subestadio 09 (comienzo de la apertura de yemas) y se extendió hasta el 65 (50% de la caída de los capuchones florales). La duración desde la brotación hasta la floración fue de 30 días, acumulando 243,6 GDC; por tanto, la floración ocurrió a los 50 DDP, el 1 de septiembre de 2012, con una acumulación total de 397,7 GDC desde la poda (tabla 2). Los anteriores, resultan ser datos muy cercanos a los reportados por Rivera (2003), quien indica que desde la poda hasta la floración se acumulan 370 GDC y los notificados por Muñoz (2012), en la localidad de Ninquihue, Chile, donde se lograron 391 GDC, cuando la temperatura media era de 16°C. Lo anterior, en contraste con los datos logrados por Charaff (2011), quien reporta que en tres localidades del Valle de Itata, Chile, las necesidades térmicas son diferentes desde la yema de invierno hasta el cuajado del fruto (en Buldes se necesitan 549 grados día acumulados, en Quillón 566 y en Portezuelo 633).

En el estudio realizado, la primera hoja extendida apareció a los 23 DDP (figura 5), a partir de este momento las hojas se desplegaron dejando visible el nuevo tallo para formar el pámpano. Después de abrirse la quinta y la sexta hoja, aparecen las inflorescencias en el lado contrario a la inserción de éstas (figura 6). De acuerdo con Salazar y Melgarejo (2005), la iniciación floral resulta de la inducción floral (diferenciación

Figura 5. Primera hoja extendida de la variedad Cabernet Sauvignon, correspondiente al subestadio fenológico 11 de la escala BBCH.



del meristemo hacia la formación de la inflorescencia) y la iniciación floral propiamente dicha, que es el fenómeno morfológico de la diferenciación de la inflorescencia y de las flores. Paso siguiente las inflorescencias se separan y forman el típico racimo para dar curso a la apertura floral (figura 7). En el estudio se encontró que todas las flores no abren al tiempo, lo cual es, según Almanza et al. (2012b), una característica propia de la viticultura tropical. El inicio de la floración corresponde al momento en que la caliptra comienza a caer y coincide con aproximadamente 15 hojas separadas en el pámpano, datos que concuerdan con los expuestos por Coombe (1995).

De acuerdo con Williams (1987), la curva que representa el crecimiento de brotes, hojas y área foliar en la vid es sigmoidea, ya sea en el tiempo cronológico o en suma térmica. Gil (2000), menciona que en la planta, el control del crecimiento se debe a un cambio en el equilibrio entre estimuladores e inhibidores endógenos como respuesta al ambiente y al propio estado de desarrollo de la planta. La proporción de AIA (ácido indol-acético) y CK (citoquinina) por encima del ABA (ácido abscísico) podría regular la actividad de división celular, especialmente al inicio de temporada; el mismo autor menciona que el AG (ácido giberélico), superando el efecto del ABA, sería el factor responsable de la extensión de los entrenudos, mientras que una declinación de los promotores de crecimiento, con o sin aumento del ABA, estaría relacionada con la detención del crecimiento.

DE LA FLORACIÓN AL ENVERO

La fase se inició el 1 de septiembre de 2012 a partir del subestadio 65 y se extendió hasta el 12 de noviembre de mismo año, cuando el 50% de los frutos alcanzaron el cambio de color en el subestadio 81. Desde la floración hasta el envero se acumularon 122 GDC en 72 días, hasta esta etapa se acumularon 580,8 GDC en 122 días después de la poda.

En cuanto a las necesidades térmicas, en Chile, se encuentran, para la misma variedad, datos diferentes; 142 días 1001 GDC (Rivera, 2003). Posiblemente esta diferencia en acumulación de calor, se debió a que la época en que se presentó esta etapa en el citado país, corresponde a las mayores temperaturas, por ser la estación de verano, en el mes de enero se aprecia la mayor diferencia, con una temperatura de 20,4°C, que permite una alta concentración térmica en poco tiempo. En tanto que en Sutamarchán, para la misma época, se presentan temperaturas cercanas a los 18 °C y las mayores épocas de precipitación, factor que puede influir en la acumulación térmica (Pire y Tortoledo, 1993). Al considerar la duración (72 días), ésta concuerda con las investigaciones realizadas por Piña y Bautista (2004).

El período entre floración y envero, se caracteriza por la fecundación, cuajado y desarrollo de fruto (figura 8). En él se presenta un rápido aumento de tamaño, debido a la alta división celular y al aporte de los fotosintatos provenientes de las reservas y la actividad metabólica de las hojas (Almanza et al., 2012b). En la investigación de Almanza y Balaguera (2009), realizada bajo condiciones del altiplano tropical (2560 msnm, 16,5 °C) en Boyacá – Colombia, se encontró que en la variedad Pinot Noir, el fruto llega al envero en 63 días después de la antesis, posteriormente, en la investigación de Almanza et al., (2010), en la misma variedad y lugar se reporta que la duración fue similar y se acumularon 486,2 GDC, lo que tendría una diferencia de 9 días frente a Cabernet Sauvignon. Esta diferencia, posiblemente se debe a que esta última, es considerada como tardía (Galet, 1990). Vargas et al. (1994), aseguran que las diferencias en la duración del ciclo en la vid, se acentúan desde el período de floración hasta el envero. En esta investigación, esta última fase se caracterizó por el cambio de color, de verde a rojo (figura 9), lo que de acuerdo con Salazar y Melgarejo (2005), se debe a la degradación de clorofilas y al inicio de la síntesis de las antocianinas.



Figura 6. Inflorescencias visibles en la variedad Cabernet Sauvignon, correspondiente al subestadio fenológico 53 de la escala BBCH.

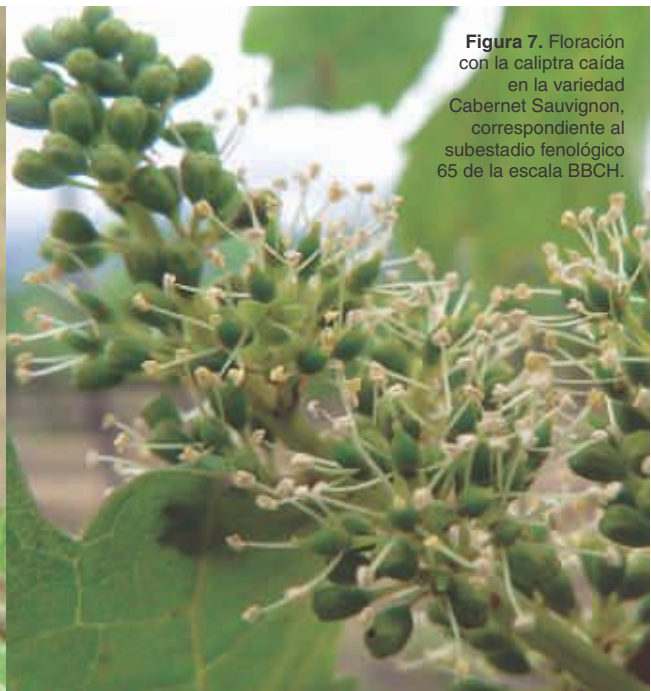


Figura 7. Floración con la caliptra caída en la variedad Cabernet Sauvignon, correspondiente al subestadio fenológico 65 de la escala BBCH.

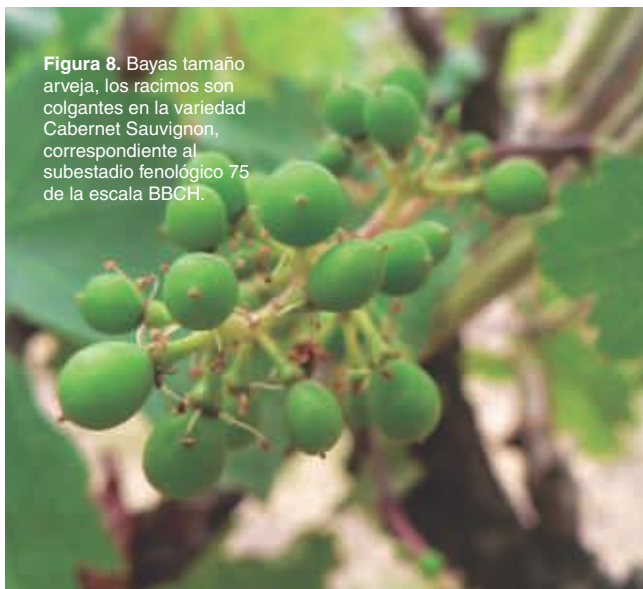


Figura 8. Bayas tamaño arveja, los racimos son colgantes en la variedad Cabernet Sauvignon, correspondiente al subestadio fenológico 75 de la escala BBCH.



Figura 9. Comienzo de la maduración o envero en la variedad Cabernet Sauvignon, correspondiente al subestadio fenológico 81 de la escala BBCH.

DEL ENVERO A LA VENDIMIA

Esta fase corresponde a los subestadios de la escala fenológica de la BBCH, 81 a 89 (estadio principal, maduración de fruto) (figura 10). La maduración se inició el 12/11/2012 y finalizó el 13/01/2013, día en el cual se realizó la vendimia. El subperíodo tuvo una duración de 62 días con una acumulación de 479,8 GDC. Durante el desarrollo de las bayas, desde el envero, se presentó un aumento de los sólidos solubles totales (SST) (pasando de 15 a 22,3 °Brix en el momento de la vendimia), mientras la acidez total titulable (ATT), representada por el ácido tartárico, disminuyó en el envero, pasando de 26 g L⁻¹ a 8,6 g L⁻¹, el pH por su parte cambió de 3,3 a 4,3 condiciones óptimas exigidas por el Viñedo para la elaboración de vinos de calidad tropical y que se ajustan a los parámetros recomendados por García-Beneytez et al. (2002), quienes mencionan que las uvas destinadas a la elaboración de vinos tintos deben ser cosechadas con cantidades de sólidos solubles entre 20.5 y 23.5 °Brix. Los valores encontrados en el presente estudio, coinciden con los reportados en la investigación de Walteros et al. (2012b), donde evaluaron tipos de poda en Cabernet Sauvignon, bajo las mismas condiciones agroecológicas, con contenidos de SST entre 20,48 y 21,2° Brix; ATT entre 7,6 y 6,5 g L⁻¹ y pH entre 4,56 y 4,68.

El tiempo transcurrido entre el envero y la vendimia, en el contexto objeto de este estudio, correspondiente a 62 días, coincide con la investigación de Conde et al., (2007), quienes encontraron una duración de 58 días en la fase de maduración pero difiere de los datos reportados por Almanza-Merchán, et al. (2012a). Ellos, evidenciaron que en Riesling X Silvaner en Corrales, Boyacá, municipio situado a 2450 msnm, con una temperatura de 16,7 °C, tuvo una duración de 42 días, en tanto que en Pinot Noir, cultivada a 2560 msnm y 16,5 °C, logró la madurez en 35 días, acumulando en el período 234,8 GDC (Almanza-Merchán, et al., 2010). Las diferencias entre estas variedades pueden ser debido a que Riesling X Silvaner y Pinot Noir presentan ciclo corto, en tanto que Cabernet Sauvignon es considerada de ciclo largo (Almanza, et al., 2012b).

Lo anterior, demuestra que el crecimiento y desarrollo de la vid dependen tanto de la variedad como de las condiciones ambientales, en especial de la temperatura, cuyo promedio

fue de 17,4°C, lo que favorece la acumulación de propiedades químicas y organolépticas en el fruto. Al respecto Rivera (2003), menciona que temperaturas por encima de los 10°C podrían afectar en forma positiva los procesos finales de maduración y cosecha y que existe un aumento lineal entre la materia seca producida y los días grados de crecimiento, debido a la mayor suma de ellos, existiendo un mayor crecimiento vegetativo y un desarrollo de la madurez adecuada (Bindi et al., 1996). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que temperaturas superiores a 23°C durante la maduración podrían tener efectos indeseables en el rendimiento y calidad de la fruta (Webb et al., 2007). Una vez terminada la maduración del fruto y realizada la vendimia, la planta inicia el reposo (figura 11), proceso que en la finca Ayn Karim, dura entre 60 y 90 días, antes de iniciar el nuevo ciclo, decisión que depende de la programación de la siguiente vendimia y de las condiciones climáticas (M. Camacho, comunicación personal).

CONCLUSIONES

Durante la época en que se desarrolló el estudio en el municipio de Sutamarchán - Boyacá, se acumularon en promedio, 7,98 grados día de crecimiento para la variedad Cabernet Sauvignon, lo que implica que entre poda y brotación se almacenan 154,1 GDC en 20 días; durante la brotación y la floración 243,6 GDC en 30 días; desde la floración hasta el envero 580,5 grados en 72 días y del envero a la maduración se registraron 479,8 GDC, en 62 días.

La temperatura promedio de la región del alto Ricaurte, zona en la cual se encuentra el municipio de Sutamarchán, correspondiente a 17,87 °C, permite que durante los 184 días transcurridos después de la poda, pueda establecerse una acumulación de 1458,1 GDC, los cuales resultan adecuados sobre el efecto del comportamiento de los diferentes ciclos fenológicos en la variedad Cabernet Sauvignon, contribuyendo así, a la consecución de las características apropiadas para el desarrollo de una vitivinicultura tropical de calidad, por lo que se pueden programar producciones vitícolas en forma permanente.

Figura 10. Fin de la maduración. Las bayas están listas para ser vendimiadas, correspondiente al subestadio fenológico 89 de la escala BBCH.



Figura 11. Comienzo de la decoloración foliar, en la variedad Cabernet Sauvignon, las hojas sintetizan antocianinas. Subestadio fenológico 92 de la escala BBCH.

- ALMANZA-MERCHÁN, P., G. FISCHER, A. HERRERA-ARÉVALO, A. JARMA-OROZCO y H. BALAGUERA-LÓPEZ. 2012a. Physicochemical behavior of Riesling x Silvaner grapevine fruit under the high altitude conditions of Colombia (South America). *Journal of Applied Botany and Food Quality* 85, 49–54.
- ALMANZA, P., P. SERRANO y G. FISCHER. 2012b. Manual de viticultura tropical. Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. Tunja, 119p.
- ALMANZA, P. 2011. Determinación del crecimiento y desarrollo del fruto de vid (*Vitis vinifera* L.) bajo condiciones de clima frío tropical. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Posgrados, Bogotá, 166p.
- ALMANZA-MERCHÁN, 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. *Agron. 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.
- AMERINE, A.A. y A.T. Winkler. 1944. Composition and quality of musts and wines of California grapes. *Univ. California.* 15:493-673.
- ANTONACCI, D., J. RAMOS y J. DALLA. 2001. Influencia della disponibilità termica sulle manifestazioni fenologiche della vite in diverse aree di produzione dei due emisferi. *Frutticoltura e di ortofloricoltura* 63(12), 65-72.
- 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.
- BINDI M., L. FIBBI, B. GOZZINI, S. ORLANDINI, and F. MIGLIETTA. 1996. Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. *Climate Res.* 7: 213-224.
- BRANAS, J., G. BERNON y L. LEVADOUX. 1946: *Éléments de Viticulture Générale.* Imp. Déhan, Bordeaux. 329p.
- CHARAFF, Y. 2011. Fenología de Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) en tres localidades del Valle de Itata. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción (chile). 72p.
- CONDE, C., P. SILVA, N. FONTES, A. DIAS, R. TAVARES, M. SOUSA, A. AGASSE, S. DELROT y H. GERÓS. 2007. Biochemical Changes throughout Grape Berry development and Fruit and Wine Quality. En: *Global Science Book.*s. 22p.
- COOMBE, B. 1995. Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 1: 100-110
- FREGONI, M. 2005. La geografia mondiale delle uve da tavola. *L'Informatore Agrario* 48: Supplemento n.1 Uva da tavola, 11-14.
- GALET, P. 1990. *Cépages et vignobles de France.* Tome II. L'ampélographie française. 2nd Edition. Dehan. Montpellier, France. 400 p.
- GARCÍA-BENEYTEZ, E., F. CABELLO y E. REVILLA. 2002 Analysis of grape and wine anthocyanins by HPLC-MS. *J. Agric. Food Chem.* 51: 5622-5629.
- GIL, G. 2000. *Frutticoltura: la producción de fruta.* Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. 582 pp.
- HIDALGO, L. 2002. *Tratado de viticultura general.* 3a ed. Madrid, Editorial Mundi-Prensa, 1235 p.
- JONES, G. y R. DAVIS. 2000. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bourdeaux, France. *American Journal of Enology and Viticulture, Davis.* 51(3):249-261.
- KISHINO, A. y I. MARUR. 2007. Factores climáticos y desarrollo de vides. EN: Kishino, A., S. Carvalho y S. Roberto. *Viticultura tropical.* Londrina: IAPAR. 59-86.
- LIMA, M., P. LEAO, A. RIBEIRO y D. TRINDADE. 2003. Maduración de cultivares de uvas bajo condiciones de San Francisco. EN: Congreso Brasileiro de Viticultura y Enología. Beto Gonzalves. Anais. Embrapa uva y vino, 196p.
- 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.
- MANDELLI, F., J. TONNETTO, U. CAMARGO y A. CZERMAINSKI. 2004. Fenología y necesidades térmicas de vides en la Sierra Gaucha. Congreso Brasileiro de Viticultura y Enología. Florianapolis. Anais, 145p.
- MUÑOZ, M. 2012. Fenología de Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) en cuatro localidades de la región del Bio Bio. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción (chile). 86p.
- NORERO, A. 1990. Fenología: Un estudio científico que tiene aplicaciones prácticas en la planificación de cultivos. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. (68): 20-23.
- 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.
- 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. y E. TORTOLEDO. 1993. Efecto de la humedad del suelo sobre la brotación de la vid en condiciones tropicales. *Agronomía Tropical* 43(1-2):75-85
- 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.
- REYNIER, A. 1995. Manual de viticultura. Mundi-Prensa. Madrid, 407 p.
- RIVERA, C. 2003. Desarrollo Fenológico de 20 clones de *Vitis vinifera* Bloque Fundación Vivero AgroUC, Pirque. Trabajo de grado Ingeniera Agrónoma. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Fruticultura y Enología. Chile, 72p.
- SALAZAR, D y P. MELGAREJO. 2005. *Viticultura. Técnicas del cultivo de la vid, calidad de la uva y atributo de los vinos.* Madrid, Mundiprensa. 325p.
- SANTIBÁÑEZ, F., F. DIAZ, 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. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Boletín 48.
- SATO, A., B. JUBILEO, A. DE ASIS y S. ROBERTO. 2011. Fenología, Producción y composición del mosto de 'Cabernet Sauvignon' y 'Tannat' en clima subtropical. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP.* 33(2): 491-499.
- 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. Grape Wine Res.* 8(1): 15-26.
- VARGAS, G., D. BAUTISTA y P. RABIÓN. 1994. Evaluación de variedades de vid para vino en condiciones tropicales. *Agronomía Tropical.* 44(3): 455-474.
- WALTEROS, I., D. MOLANO, P. ALMANZA-MERCHÁN, M. CAMACHO y S. GONZÁLEZ-ALMANZA. 2012a. Efecto de la poda sobre cambios químicos durante la maduración de frutos de *Vitis vinifera* L. var. Cabernet Sauvignon. *Cultura Científica* 10(1): 8-15.
- WALTEROS, I., D. MOLANO, P. ALMANZA-MERCHÁN, M. CAMACHO y H. BALAGUERA-LÓPEZ. 2012b. Efecto de la poda sobre la producción y calidad de frutos de *Vitis vinifera* L. var. Cabernet Sauvignon en Sutamarchán (Boyacá, Colombia). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.* 6(1): 19-30.
- WEBB, L.B., P. WHETTON, and E.W. BARLOW. 2007. Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. *Aust. J. Grape Wine Res.* 13:165-175
- WILLIAMS, L.E. 1987. Growth of Thompson seedless grapevines. I. Leaf area development and dry weight distribution. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112: 325-330.