

Estudio intervarietal y multi-factorial de la diversidad natural para la compacidad del racimo de vid (*Vitis vinifera* L.)

J. Tello*, R. Aguirrezábal, S. Hernáiz, B. Larreina, M.I. Montemayor, E. Vaquero y J. Ibáñez

Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (CSIC, Universidad de La Rioja, Gobierno de La Rioja), Complejo Científico Tecnológico, C/ Madre de Dios 51, 26006, Logroño, La Rioja. *E-mail: javier.tello@icvv.es

Resumen

La compacidad del racimo de vid (*Vitis vinifera* L.) y los factores individuales que definen este carácter repercuten en la calidad de la uva, siendo un atributo que determina en gran manera el estado sanitario del fruto, y la homogeneidad de la maduración del racimo. A pesar de su importancia agronómica y comercial, se trata de un carácter escasamente estudiado desde el punto de vista genético, probablemente debido a su elevada complejidad y a la ausencia de un criterio armonizado para su medida cuantitativa y objetiva, lo que a su vez dificulta ciertos estudios comparativos intervarietales.

El principal objetivo de este estudio ha sido la identificación y evaluación de aquellos elementos estructurales de la morfología del racimo involucrados en la determinación de su compacidad. Para ello se ha llevado a cabo la caracterización, a través de 23 descriptores cuantitativos, de un gran número de racimos pertenecientes a variedades de vid de distinta aptitud comercial (uva de mesa y uva de vinificación). El estudio se ha desarrollado durante tres campañas consecutivas: 2011 (1040 racimos), 2012 (1145 racimos) y 2013 (977 racimos), que se han estudiado separadamente. El análisis univariante de los datos de fenotipado reveló la naturaleza multifactorial de este carácter, resultado de la combinación de numerosos atributos del racimo. La aplicación de diversos análisis multivariantes indicó que el número de bayas del racimo, la longitud de las primeras ramas del raquis y, en menor medida, el tamaño final de la baya son los factores más determinantes en la compacidad del racimo de vid.

Palabras clave: Arquitectura de racimo, Morfología de racimo, Densidad de racimo, Análisis discriminante.

INTRODUCCIÓN

La compacidad del racimo de vid (*Vitis vinifera* L.) y los factores que determinan este carácter juegan un papel importante en el valor comercial de la uva. Así, existe una mayor predisposición a ciertas plagas del viñedo—como es el caso de la polilla del racimo (*Lobesia botrana*) (Fermaud et al., 1998) y el hongo *Botrytis cinerea* (Hed et al., 2009)—en los racimos de mayor compacidad, principalmente por el microclima de mayor humedad que se genera en el interior de los racimos compactos como consecuencia de una aireación ineficaz (Vail y Marois, 1991). Si el ataque de estos organismos es intenso y no remediable, los racimos pierden su valor comercial, ocasionándose importantes pérdidas económicas. Igualmente, una alta compacidad genera la aparición de un mayor número de bayas interiores (Vail y Marois, 1991) que no recibirán la radiación solar

necesaria para su maduración, produciéndose una maduración heterogénea del racimo (Figueiredo-González et al., 2013).

Morfológicamente, la compacidad del racimo resulta de la integración de numerosos factores individuales, cuya interacción genera la agregación de las bayas a lo largo del raquis (o escobajo) del racimo, dando lugar a la disminución y desaparición de los huecos libres en la estructura del racimo. Entre los aspectos individuales que pueden repercutir de mayor manera en esta mayor o menor compactación de las bayas, Molitor et al. (2012) han señalado la longitud del racimo como el factor más determinante, mientras que Palliotti et al. (2012) han destacado el papel del número de bayas del racimo. Igualmente, distintos autores han indicado el papel determinante del tamaño de la baya (Alonso-Villaverde et al., 2008), la longitud del pedicelo (Sarooshi, 1977), el peso del racimo (Vail y Marois, 1991) y la longitud de los entrenudos del raquis (Shavrukov et al., 2004) como los factores más determinantes en la distinta compacidad que puede mostrar un racimo. Estos estudios están basados en el análisis de clones de una misma variedad o, en el mejor de los casos, en un reducido número de variedades, por lo que su importancia en un marco de mayor diversidad es desconocida.

Este estudio tiene como principal objetivo el análisis y ponderación de aquellas variables que repercuten de una manera más marcada en la compacidad del racimo de vid, para lo que se han estudiado un amplio número de racimos pertenecientes a un alto número de variedades de distinta aptitud comercial (vino y mesa) durante tres campañas consecutivas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal y caracterización morfológica de los racimos

Para este estudio se seleccionaron 125 accesiones de la colección de variedades de vid (*Vitis vinifera* L.) del ICVV, las cuales presentan una elevada diversidad para los caracteres de racimo analizados. Estas accesiones, cuyo cultivo y mantenimiento siguen las prácticas comunes de la región, se mantienen en dos parcelas: Finca Valdegón (Agoncillo, La Rioja) y Finca La Grajera (Logroño, La Rioja), proviniendo las plantas de La Grajera de varas obtenidas en Finca Valdegón.

La caracterización de la morfología del racimo se llevó a cabo en tres años consecutivos en un total de 1040 (2011), 1145 (2012) y 977 (2013) racimos en el estado fenológico E-L 38 (Coombe, 1995), tomándose, en general, 10 racimos homogéneos por accesión. Los 23 caracteres evaluados en este trabajo se incluyen en la Tabla 1. Respecto al carácter compacidad, se evaluó por un panel entrenado para el uso del descriptor N°204 de la OIV, el cual clasifica a los racimos en función de la visibilidad de los pedicelos y la movilidad de las bayas en una de las cinco clases propuestas: “1: Racimo muy suelto”; “3: Racimo suelto”; “5: Racimo medio”; “7: Racimo compacto”; “9: Racimo muy compacto”, tomando como valor de referencia el valor moda dado por dicho panel.

Análisis estadístico

Con el fin determinar la relación y el peso de cada una de las variables analizadas en la compacidad del racimo, se llevaron a cabo una serie de análisis estadísticos de manera secuencial: análisis de correlaciones bilaterales, análisis de la varianza con prueba post-hoc de contraste de medias, análisis de componentes principales (ACP) con rotación de Varimax y análisis discriminante, realizados todos ellos mediante el programa

estadístico SPSS (v. 20.0). Cabe destacar que para todos los análisis, cada racimo fue considerado como un individuo, y que los datos de los tres años de analizaron de manera separada.

Tabla 1. Lista de los caracteres empleados en este trabajo.

Nº Atributo	Atributo	Unidad	Ref.
1	Longitud Primera Rama	cm	-
2	Longitud Segunda Rama	cm	-
3	Volumen Real Racimo	mL	-
4	Longitud Racimo	cm	OIV 202
5	Peso Racimo	g	-
6	Anchura Racimo	cm	OIV 203
7	Volumen Morfológico Racimo	mL	Ferreira y Marais, 1987
8	Longitud Pedicelo	mm	OIV 238
9	Longitud Pedúnculo	mm	OIV206
10	Peso Raquis	g	-
11	Número Nudos Raquis	-	-
12	Volumen Total Bayas	mL	-
13	Peso Total Bayas	g	-
14	Semillas Baya	-	-
15	Número Bayas	-	-
16	Longitud Baya	mm	OIV 220
17	Anchura Baya	mm	-
18	Peso Medio Baya	g	-
19	Volumen Medio Baya	mL	OIV 221
20	Orden Racimo Planta	-	-
21	Índice de Fertilidad	-	-
22	Número Racimos Planta	-	-
23	Número Ramas Planta	-	-

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de evaluar la relación entre los 23 atributos analizados y la variable principal de estudio (compacidad), se llevó a cabo un análisis de correlaciones bilaterales para cada uno de los años evaluados. La dirección de los coeficientes de correlación obtenidos (Figura 1) fue estable a lo largo de las tres campañas analizadas, mostrando la relación entre las variables estudiadas y la compacidad. Se observó una correlación significativa entre la mayoría de los atributos analizados y la compacidad del racimo, siendo bajo el valor de las correlaciones, dando idea de la naturaleza multifactorial del carácter, resultado de la combinación de numerosos atributos del racimo.

Cabe pensar que aquellas variables con efecto en la compacidad presentarán un valor medio estadísticamente distinto en las cinco clases de compacidad, al menos en las clases más extremas (compacidad OIV “1” y “9”). Así, para cada una de las variables incluidas se procedió a realizar un análisis de la varianza con un análisis post-hoc de comparación de las medias entre las cinco clases de compacidad de la OIV. En este sentido, las variables de la planta incluidas en este trabajo (“*Orden Racimo Planta*”, “*Índice de Fertilidad*”, “*Número Racimos Planta*” y “*Número Ramas Planta*”) no

obtuvieron diferencias significativas entre las medias de los distintos grupos de compacidad en la mayoría de las comparaciones realizadas en los tres años evaluados, por lo que se consideró que su poder de discriminar entre clases de compacidad es limitado y se excluyeron de los siguientes análisis.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0.3 > τ_b > 0	
2011																									n.s.
2012																									0 < τ_b < 0.3
2013																									-0.3 < τ_b < -0.7

Figura 1. Coeficientes de correlación (τ_b de Kendall) obtenidos entre la compacidad y los 23 atributos analizados (numerados de acuerdo a la Tabla 1) en las tres campañas analizadas (2011, 2012 y 2013), codificados según el código de colores mostrado.

Para obtener información acerca de la relación que subyace entre las 19 restantes variables, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) de manera separada para los datos de las tres campañas estudiadas. En los tres años se retuvieron los tres primeros componentes, los cuales explican en su conjunto el 75.2% (2011), 76.6% (2012) y 80.1% (2013) de la varianza de los datos. Con el fin de facilitar la interpretación de estos componentes, se llevó a cabo una rotación ortogonal por el método de Varimax.

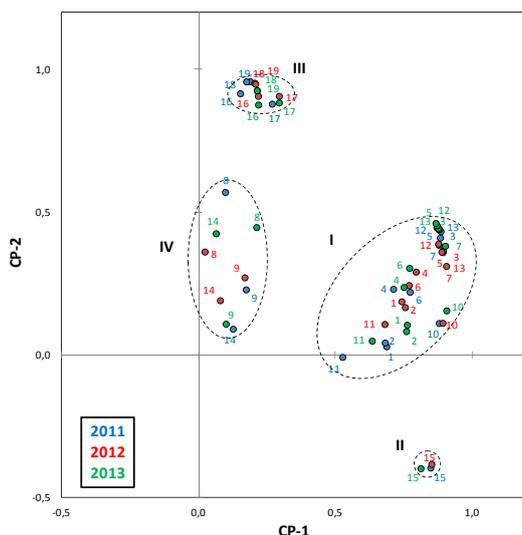


Figura 2. Dispersión de los 19 atributos de racimo analizados (codificados numéricamente de acuerdo a la Tabla 1) en el espacio delimitado por las dos primeras componentes principales retenidas (CP-1 y CP-2) para 2011, 2012 y 2013.

En la Figura 2 se representan las 19 variables en función de las dos primeras componentes, de manera que la componente 1 (CP-1) se relacionó las tres campañas con las variables propias del racimo (“Longitud Primera Rama”, “Longitud Segunda Rama”, “Volumen Real Racimo”, “Longitud Racimo”, “Peso Racimo”, “Anchura Racimo”, “Volumen Morfológico Racimo”, “Peso Raquis”, “Número Nudos Raquis”, “Volumen Total Bayas”, “Peso Total Bayas” y “Número Bayas”), mientras que la componente 2 (CP-2) quedó más identificada con las variables de la baya (“Longitud Baya”, “Anchura Baya”, “Peso Medio Baya” y “Volumen Medio Baya”). Asimismo, se observa una similar distribución de las variables en el espacio bidimensional, quedando cuatro grupos bien

diferenciados: el primero (I), relacionado con las variables del racimo, el segundo (II), por el número de bayas del racimo, el tercero (III), relacionado con las variables de baya, y el cuarto (IV) por las variables “*Semillas Baya*”, “*Longitud Pedicelo*” y “*Longitud Pedúnculo*”. Es destacable que estas agrupaciones se mantuvieron las tres campañas analizadas, confirmando la estabilidad de las interrelaciones de las variables estudiadas.

Por último, se llevó a cabo un análisis discriminante por pasos, el cual selecciona aquellas variables con mayor poder de discriminar entre los racimos en función de su compacidad, descartando aquellas cuyo poder discriminante es redundante o poco relevante. Para evitar problemas de colinealidad entre variables, y teniendo en cuenta su interrelación, se seleccionaron 9 atributos como variables explicativas (“*Longitud Primera Rama*”, “*Peso Medio Baya*”, “*Longitud Racimo*”, “*Anchura Racimo*”, “*Longitud Pedicelo*”, “*Longitud Pedúnculo*”, “*Número Nudos Raquis*”, “*Semillas Baya*” y “*Número Bayas*”). Igualmente, se realizó un agrupamiento de los racimos sueltos (compacidad OIV “1” y “3”) y de los racimos compactos (compacidad OIV “7” y “9”), descartando aquellos racimos de compacidad media por la distorsión que podría causar en los resultados. Este análisis reveló el mayor poder discriminante de un reducido número de variables, y las variables “*Longitud Primera Rama*”, “*Número Bayas*” y “*Peso Medio Baya*” obtuvieron un alto valor discriminante, siendo constante en los tres años evaluados (Figura 3A). Así, se realizó un segundo análisis discriminante con únicamente estas tres variables, el cual fue capaz de clasificar correctamente el 85.7%, 88.4% y 87.2% de los racimos en 2011, 2012 y 2013, respectivamente, explicando el 42.8% (2011), 45.2% (2012) y 47.2% de la varianza de la variable dependiente. Atendiendo a los coeficientes de estas tres variables en la función canónica desprendida, el poder discriminante de las variables “*Longitud Primera Rama*” y “*Número Bayas*” es superior al de la variable “*Peso Medio Baya*” (Figura 3B).

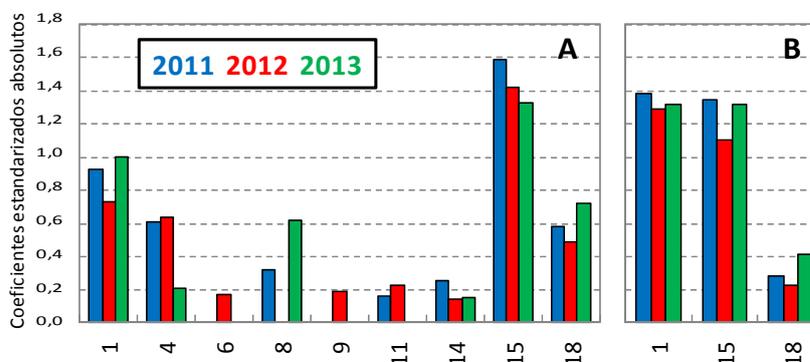


Figura 3. Coeficientes obtenidos mediante un análisis discriminante calculado en base a 9 (A) y 3 (B) atributos del racimo (codificados numéricamente de acuerdo a la Tabla 1) para 2011, 2012 y 2013.

La compacidad del racimo puede entenderse como la relación existente entre el volumen real (o sólido) de los componentes del racimo (raquis y bayas) y su volumen morfológico (o aparente). Así, si estos volúmenes son similares, se generarán pocos huecos libres en la estructura del racimo, elevando entonces el valor de compacidad (Shavrukov et al., 2004). Mientras que el volumen real viene dado principalmente por el volumen de todas las bayas del racimo (determinado a su vez por su número y volumen medio), el volumen morfológico dependerá también de su disposición tridimensional, cuya configuración vendrá dada por los principales ejes del racimo.

CONCLUSIONES

Este trabajo ha evaluado la influencia de distintas variables en la compacidad del racimo en un contexto intervarietal. El análisis univariante de los datos reveló la naturaleza multifactorial de este carácter, resultado de la combinación de distintos atributos del racimo. La aplicación progresiva de distintos análisis multivariantes señaló la longitud de las primeras ramas del raquis, el número de bayas del racimo, y, en menor medida, el tamaño medio de la baya como los factores más determinantes en la distinta compacidad del racimo. Mientras que estos dos últimos factores determinan principalmente el volumen real del racimo, su volumen morfológico vendrá dado además por su distribución tridimensional, determinado por las longitudes mayores del raquis: la relación entre ambos volúmenes determinará entonces la compacidad del racimo.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por el MINECO (AGL2010-15694). J. Tello agradece al MINECO por su beca FPI predoctoral (BES-2011-047041).

Referencias

- Alonso-Villaverde, V., Boso, S., Santiago, J.L., Gago, P, and Martínez, M.C. (2008). Relationship between susceptibility to Botrytis bunch rot and grape cluster morphology in the *Vitis vinifera* L. cultivar Albariño. *International Journal of Fruit Science*, 8, 251-265.
- Coombe, B.G. (1995). Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1, 104-110.
- Ferraud, M. (1998). Cultivar susceptibility of grape berry clusters to larvae of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 91, 974-980.
- Ferreira, J.H.S., Marais, P.G. (1987). Effect of rootstock cultivar, pruning method and crop load on *Botrytis cinerea* rot of *Vitis vinifera* cv. Chenin blanc grapes. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 8(2), 41-44.
- Figueiredo-González, M., Cancho-Grande, B., Boso, S., Santiago, J.L., Martínez, M.C., and Simal-Gándara, J. (2013). Evolution of flavonoids in Moratón berries taken from both bunch halves. *Food Chemistry*, 138, 1868-1877.
- Hed, B., Ngugi, H.K., Travis, J.W. (2009). Relationship between cluster compactness and bunch rot in Vignoles grapes. *Plant Disease*, 95, 269-278.
- Molitor, D., Behr, M., Hoffman, L. and Evers, D. (2012). Benefits and drawbacks of pre-bloom applications of gibberellic acid (GA3) for stem elongation in Sauvignon blanc. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 33, 198-202.
- Palliotti, A., Gardi, T., Berrios, J.G., Civardi, S., and Poni, S. (2012). Early source limitation as a tool for yield control and wine quality improvement in a high-yielding red *Vitis vinifera* L. cultivar. *Scientia Horticulturae*, 145, 10-16.
- Sarooshi, R.A. (1977). Some effects of girdling, gibberellic acid sprays, bunch thinning and trimming on the sultana. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 17, 700-704.
- Shavrukov, Y.N., Dry, I.B., Thomas, M.R. (2004). Inflorescence and bunch architecture development in *Vitis vinifera* L. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 10, 116-124.
- Vail, M.E., Marois, J.J. (1991). Grape cluster architecture and the susceptibility of berries to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 81, 188-191.