



Estrés hídrico versus componentes del rendimiento y calidad del mosto de vid (*Vitis vinífera* L.) cv. Moscatel

Water stress versus yield and quality components of wine grape (*Vitis vinífera* L.) cv. Moscatel

Keith Díaz^a; Javier Arias^a; Maura Rodríguez^b; Atilio Arata^c; Marlene Aguilar^{a,*}

^a Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM, Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú.

^b Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión- UNJFSC, Av. Mercedes Indacochea 609, Huacho, Huaura, Lima, Perú.

^c Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo –DESCO, Calle León de la Fuente 110, Magdalena, Lima 17, Perú.

*Autor para correspondencia: maguilarhe@lamolina.edu.pe (M. Aguilar).

Recibido 27 abril 2016. Aceptado 03 junio 2016.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del estrés hídrico en los componentes del rendimiento y calidad del mosto de vid cv. Moscatel en el valle de Caravelí, Arequipa durante el ciclo productivo 2011 - 2012. Los tratamientos (T0 = 25, T1 = 20, T2 = 15, T3 = 30, T2 - T3 = (15-30) L/ planta.) no produjeron diferencias estadísticas en las características de área foliar, número de racimos y número de bayas. Contrariamente, hubo diferencias estadísticas significativas en el diámetro ecuatorial de las bayas (B1, B2 y B3), peso promedio de racimos (T0 = 11,50; T2 = 9,50 kg/cepa), así como en la calidad del mosto expresado en la densidad (T3 = 1,111; T2 - T3 = 1,106 mg/cm³), pH (T3 = 4,05; T1 = 3,90), grados Brix (T0 = 24,72°; T2 = 24,37°, a la quinta evaluación) y fenol como ácido gálico (T2 = 1,67; T0 = 1,53 mg/L). En conclusión, los tratamientos T2 y T3 produjeron las diferencias extremas comparados con el tratamiento testigo (T0).

Palabras clave: cultivar Moscatel, CAR, componente de rendimiento, calidad de mosto.

ABSTRACT

The main objective of the current work was to evaluate the effect of different irrigation water quantity (IWQ) on yield components and grape must quality of cv. Moscatel in the Caravelí Valley, Arequipa, during 2011 - 2012 period. Treatments (T0 = 25, T1 = 20, T2 = 15, T3 = 30, T2 - T3 = (15-30) L / plant) showed no significant differences on leaf area, grape bunch number and berry number. In contrast, there were significant statistics differences on equatorial diameters of berries (B1, B2 and B3), berry bunch weights (T0 = 11.50; T2 = 9.50 kg/cepa) and grape must quality such as density (T3 = 1.111; T2 - T3 = 1.106 mg/cm³), pH (T3 = 4.05; T1 = 3.90), Brix degrees (T0 = 24.72°; T2 = 24.37°, fifth evaluation) and phenol as gallic acid (T2 = 1.67; T0 = 1.53 mg/L) compound content. In conclusion, T2 and T3 treatments produced extreme differences compared to the control treatment.

Keywords: Cultivar Moscatel, IWQ, yield component, grape must quality.

1. Introducción

El cultivar Moscatel es una de las cepas de vid más antiguas en el mundo (Choque, 2006). En el valle de Caravelí, Arequipa - Perú es conocido con el nombre de Moscatel negro. El tallo presenta un tono rayado rojizo el cual es más intensificado cerca a los nudos. Las hojas son de tamaño mediano a grande, pentalobuladas y contorsionadas con borde hacia arriba, el peciolo es muy largo el cual, insertado por la base forma un ángulo de 90° a más y de color verde manchado de

rojo por un lado. Los racimos generalmente están ubicados en la tercera y cuarta yema del brote, el raquis es largo y visible, La baya presenta un diámetro entre 15 a 18 mm, con tamaño desuniforme, forma esférica, a veces discoidea, coloración azul rojiza, con abundante pruina y sabor ligero a moscatel.

Componentes del rendimiento

Los componentes del rendimiento utilizado para medir este parámetro en el viñedo fue el índice de área foliar (IAF), el número de racimos por planta, el número de bayas por

racimo, el peso de racimos, entre otros. El índice de área foliar (IAF), la proporción del área de follaje y la superficie de terreno, es una información importante para los investigadores y los productores de vid, porque es un indicador del crecimiento, del vigor de la planta y tiene influencia en la calidad del fruto. Por un lado, los mejores estimadores del área foliar son la máxima longitud en largo, ancho y el producto de largo por ancho (Elsner y Jubb, 1988; Gutierrez y Lavin, 2000; Legorburo, 2005). Pire y Valenzuela (1995) proponen las ecuaciones: $\text{Área} = 1,27 + 0,10 (\text{largo})^2 + 0,43 (\text{ancho})^2$ y $\text{Área} = 2,37 + 0,20 (\text{largo})^2 + 0,43 (\text{ancho})^2$ para las fases de prefloración y envero, respectivamente. Por otro lado, la mejor medición del área foliar ocurre en la zona de mayor producción de hojas. La mayor cantidad de hojas grandes puede encontrarse en los brotes primarios, en especial entre la tercera y la sexta hoja empezando el conteo por la base del brote (Lopes y Pinto 2005).

Con respecto a las bayas, el volumen de estas cambia por efecto del estrés hídrico aplicado a las cepas de vid. En experiencias anotadas por Matthews y Anderson (1988) observaron reducción en el contenido de agua de la baya a lo largo de la temporada aplicando diferentes estrategias de restricción hídrica. Cuando la demanda atmosférica es elevada la planta no solo extrae agua del suelo, sino que recurre al agua de las bayas, lo que se traduce en el cambio de diámetro, el cual puede ser irreversible (Creasy y Lombard, 1993).

El diámetro final de la baya disminuye significativamente cuando las plantas son sometidas a estrés hídrico. El mayor impacto del déficit hídrico es severo durante las primeras etapas de desarrollo del fruto y, posteriormente, no es recuperable (Ferreira *et al.*, 2003; Gurovich y Paez, 2004; Hardie y Considine, 1976; Hernández, 2007; Matthews y Anderson, 1989; Ojeda *et al.*, 2002). Según Gurovich y Vergara (2005), el déficit hídrico entre brotación y pinta, no produce la deshidratación de las bayas. La restricción hídrica aplicada desde inicio de la temporada y floración hasta la pinta reduce el tamaño de las bayas (Gurovich y Páez, 2004; Matthews y Anderson, 1989). El estrés por déficit hídrico moderado después

de pinta, reduce el tamaño de la baya y disminuye la productividad, pero la reducción del tamaño es mucho menor en comparación con la reducción producida antes de pinta (Coombe y McCarthy, 2000; Hardie y Martín, 2000).

El número de racimos por planta y el número de bayas por racimo parecen no ser afectados por el déficit hídrico. Hernández (2007) y Reynolds y Naylor (1994) indican que las dos características antes anotadas no fueron afectadas por la aplicación de distintos regímenes hídricos, en 'Cabernet Sauvignon', 'Pinot Noir' y 'Riesling'. Sin embargo Parra *et al.* (2003) encontró efectos significativos en estas características, en 'Cabernet Sauvignon' y 'Chardonnay', pero no significativos en 'Syrah'. En el cultivar Syrah (Ojeda *et al.*, 2001), los efectos del déficit hídrico entre las etapas de anthesis y envero redujeron en mayor medida el peso y diámetro de la baya, aunque esta reducción dependería de la intensidad de restricción de agua.

Rendimiento de la vid

El rendimiento de la vid es afectado por el estrés hídrico, antes o después del envero. Los déficits después de la floración hasta pinta provocan mayor reducción en el peso (Goodwin y Macrae, 1990; Hardie y Considine, 1976; Matthews y Anderson, 1987; Matthews y Anderson, 1989). Este efecto está asociado a la pérdida de fructificación, seguida por el bajo tamaño de la baya. Puede obtenerse entre 30 a 40 % más de rendimiento cuando aumenta el riego respecto de la cantidad normal (Matthews y Anderson, 1989). Sin embargo, Gurovich y Páez (2004); Myburgh (2005) y Pérez (2004) no encontraron diferencias significativas en el peso cuando produjeron estrés hídrico en distintas etapas de la fenología de los cultivares Cabernet Sauvignon, Carmenere, Chardonnay, Sauvignon Blanc y Chenin Blanc.

El mayor rendimiento puede estar asociado al aumento de las cantidades de agua de riego aplicado y a la reducción del peso de las bayas con estrés hídrico inducido. La vid puede reducir en 22% el rendimiento con riegos al 60 % del agua aplicada, sin embargo, tienden a regular las pérdidas de agua durante las horas de mayor

evapotranspiración, manteniendo el potencial hídrico en niveles estables y reduciendo el efecto de los distintos niveles de riego (Ferreira *et al.*, 2006). El incremento del peso de la baya durante la maduración es dependiente de la acumulación de solutos, en especial azúcares y agua, (Hera Orts *et al.*, 2005). En condiciones de reducción del estrés hídrico hubo mayor rendimiento, el cual estuvo asociado con el aumento del tamaño de las bayas (Ferreira *et al.*, 2002; Intrigliolo y Castel, 2008; Matocp, 2004; Matthews y Anderson, 1987).

Consumo de agua y estrés hídrico

El agua es fundamental para el rendimiento cuantitativo y cualitativo de la vid, sin embargo los reportes señalan efectos controversiales. Hidalgo (2002) afirma que el exceso de agua durante la fase de crecimiento retrasa el envero, por lo tanto el inicio de la maduración y, por el contrario, la sequía provoca desborde irregular, pámpanos cortos y pocas flores. Matthews y Anderson (1987) no encontraron diferencias en cuanto al momento de anthesis, el envero o la cosecha, cuando la restricción de agua ocurría antes o después del envero. Otras investigaciones han encontrado influencias sobre el crecimiento vegetativo y el área foliar a través de la reducción del aporte hídrico (Ferreira *et al.*, 2003; Hardie y Martin, 2000) y, asimismo, el crecimiento radial de los brotes es menos afectado por los distintos niveles de estrés hídrico (Matthews y Anderson, 1987).

La eficiencia de uso de agua de los cultivos puede estimarse solo por aproximación, porque resulta muy difícil conocer con exactitud la cantidad de agua consumida por las plantas y el total de biomasa producida. Medrano *et al.* (2007) señalan que la eficiencia de uso de agua medida a nivel foliar no siempre refleja la eficiencia a nivel de planta o cultivo. Una opción para incrementar la eficiencia del uso de agua por las plantas es aplicando dosis de riego en fechas programadas y aplicando riego deficitario controlado (Medrano *et al.*, 2007). Al-Haddad y Bakr (2013) concluyeron que la programación de riego es importante para el uso racional del agua, enfatizando en el manejo de la frecuencia de riego.

Calidad del mosto

El déficit hídrico en las vides puede producir vinos de buena calidad dependiendo de la magnitud y época de aplicación del estrés. Ferreira *et al.* (2003) encontraron efectos no significativos en la calidad del vino cuando cepas de 'Chardonnay' fueron sometidas a estrés hídrico; mientras que Myburgh (2006) encontró diferencias en la composición del mosto entre distintas cantidades de agua de riego aplicado durante la maduración de la baya. El exceso de riego durante el periodo de pinta a maduración influyó en forma negativa sobre la calidad del mosto y vino (Bravdo *et al.*, 1984). Igualmente, el estrés hídrico temprano mejoró la calidad de vino, mientras que riegos al 100% del requerimiento de la planta redujo la calidad del vino (Acevedo *et al.*, 2005; Hidalgo, 2003).

El estrés hídrico parece tener efecto en la reacción (pH) del vino. Myburgh (2006) identificó incrementos en el pH del mosto cuando realizaron riegos durante la fase de maduración. Existen reportes donde los niveles de pH del mosto y también del vino no fueron influenciados por el estrés hídrico antes o después del envero (Acevedo *et al.*, 2005; Buchanan, 2010; Ferreira *et al.*, 2003; Ginestar *et al.*, 1998; Hernández, 2007). Por otro lado, Matthews y Anderson (1988) consideran que la sensibilidad del pH al régimen hídrico no es alta y podría ser un carácter de la variedad específica.

El contenido de fenol en la uva es dependiente de diversos factores como el clima, cultivar o variedad, grado de madurez y tamaño de la baya. Los déficits hídricos aplicados desde pinta a maduración favorecen la síntesis de estos compuestos (Gurovich y Vergara, 2005; Intrigliolo y Castel, 2008) debido a que el desarrollo de color de la baya es más sensible en esta etapa (Matthews y Anderson, 1988). Un mayor contenido de fenol ocurrió cuando el estrés sucedió después del cuajado (Acevedo *et al.*, 2005). Déficit hídricos tempranos incrementaron los fenoles y antocianinas en vino (Gurovich y Páez, 2004; Hidalgo, 2003). Esteban *et al.*, (2001) observaron una mayor concentración de antocianinas con estrategias de reposición hídrica.

Una de las principales causas en la reducción de las áreas de cultivo es la escasa o poca disponibilidad de agua. Las plantaciones

vitivinícolas en el Perú no están exceptuadas de este problema, porque la producción es realizada en zonas desérticas y cuando existe agua disponible está limitada por el escaso volumen y la poca frecuencia. El incremento de la producción o de la expansión del área cultivada puede hacerse mejorando la eficiencia de riego y del uso del agua (rendimiento de la vid por m³ de agua utilizada).

El periodo crítico de la producción de vid ocurre durante el llenado del fruto que resulta entre el envero y la cosecha. Las plantaciones de vid en el valle de Caravelí han sido manejadas tradicionalmente en un volumen de agua de riego considerado adecuado por los agricultores, sin embargo es prioritario conocer la cantidad de agua necesaria para sostener la producción actual. A partir de la información generada podrá hacerse los ajustes del consumo de agua requerida por las plantaciones de uva.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del estrés hídrico en los componentes del rendimiento y calidad del mosto de vid cv. Moscatel en el valle de Caravelí, Arequipa.

2. Materiales y métodos

Ubicación. El campo para la presente investigación se ubicó dentro del fundo Valencia, sector La Huarca en el valle de Caravelí, distrito y provincia del mismo nombre, Región Arequipa, en las coordenadas geográficas 15° 49' 11" S (Latitud Sur), 73° 18' 52" O (Longitud Oeste) y 1650 msnm de altitud. El clima corresponde a un desierto subtropical, con temperatura promedio mínima mensual de 8,8 a 11 °C y máxima promedio entre 28 y 29,3°C. La humedad relativa promedio anual fue 52 % (máxima 55 % y mínima

44%). La evaporación promedio mensual medida en un tanque tipo A fue 5,8 a 7,2 mm. Las horas promedio mensual de sol varió entre 8,8 y 10,3 horas (SENAMHI, 2011). El suelo de textura franco arenoso, con pH 7,5 y conductividad eléctrica de 6.2 dS.m⁻¹, 1,24 % de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 9,6 meq-g. El agua de riego tuvo pH de 7,47 y la conductividad eléctrica (CE) de 1,57 dS.m⁻¹, sin peligro de sodio intercambiable (ONERN, 1975). Como incidencia hubo daño de aves, abejas y avispa que ocasionaron algunos problemas en la producción. El experimento fue conducido dentro de una plantación de 2,5 hectáreas de vid 'Moscatel', eligiéndose 24 hileras y 4 cepas por hilera. Las cepas propagadas por estaca, de siete años de edad, con un distanciamiento de 2 x 3 metros, con el sistema de conducción T simple, con riego tecnificado, por micro-tubos nuevo, de 1,5 mm, procediéndose a la calibración por el tiempo de descarga al inicio de cada mes durante toda la realización de la investigación y abastecido desde un reservorio de agua. La campaña se inició realizando una poda corta y considerando la homogenización del número de cargadores por cepa de 20 o 22; Se aplicó cianamida hidrogenada (CH) en dosis de 30 ml/l, para promover brotes uniformes. El riego fue aplicado cada tres días, en función del turno de agua; desde el brotamiento hasta una semana antes de la cosecha.

Los tratamientos de riego tuvieron como característica la reducción y el exceso de volumen de agua aplicada en relación al riego tradicional o testigo (Tabla 1). La identificación entre paréntesis de los tratamientos correspondió a la cantidad de agua de riego aplicado a cada planta.

Tabla1. Variación porcentual de la cantidad de agua de riego (CAR) en relación al tratamiento testigo (T0), período de duración (meses), CAR por planta y volumen estimado de riego según tratamiento

Tratamientos	Δ% de la CAR en relación a T0	Periodo de duración (mes)	CAR por planta (litro x cepa ⁻¹)	Volumen estimado de riego (m ³ x ha ⁻¹)
T0 (25L)	Tradicional	Set.-Mar.	25	42
T1 (20L)	20% menos	Set.-Mar.	20	33
T2 (15L)	40% menos	Set.-Mar.	15	25
T3 (30L)	20% más	Set.-Mar.	30	50
T2-T3 (15-30L)	40% menos	Set.-Ene.	15	25
	20% más	Ene.-Mar.	30	50

Las variables medidas fueron el Área foliar de 4 muestras de hojas seleccionadas por cepa y unidad experimental, con la fórmula A_f (área foliar, cm^2) = L_{max} largo máximo, (cm) por A_{max} (ancho máximo, cm) después del cuajado y en plena pinta marcando aleatoriamente la tercera hoja (H3) y cuarta hoja (H4), empezando por la base del brote. El número de racimos por planta fue realizado en 4 muestras compuestas del promedio de tres cepas por unidad experimental y luego colocada en 72 jabs cosecheras de plástico. El número de bayas por racimo fue obtenido de las muestras seleccionadas previamente.

El diámetro ecuatorial de bayas fue medido con vernier cada 7 días desde pinta hasta antes de la cosecha en los racimos divididos en tercios superior (Baya 1), medio (Baya 2) e inferior (Baya 3) comenzando desde el pedúnculo en la zona de inserción al nudo de la planta. El peso de racimos fue realizado pesando los racimos de cada planta en la cosecha, empleándose una balanza de plataforma.

Estimación de la calidad del mosto

Las muestras estrujadas en una máquina prensadora electromecánica de construcción artesanal, por la asociación de productores; luego fueron analizadas en el laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNALM. El densímetro (g/cm^3) marca AllaFrance a 20 °C, registró la lectura por muestra. El grado Brix fue medido con un refractómetro manual, marca Eclipse, modelo 47-02 por cada muestra según tratamiento. El registro del pH o potencial de hidrógeno, equipo marca Orión modelo 420 A, se anotó una lectura por cada muestra con cuatro muestras por tratamiento. La determinación de antocianina y fenol fue realizada en muestras de 100 g de hollejo del mosto por vía colorimétrica y densidad óptica, respectivamente. En el primer caso debido a la decoloración que sufren al contacto con productos químicos como el bisulfito de sodio (García, 1990).

La evaluación fue realizada en 16 cepas por tratamiento y por cada parámetro evaluado hubo cuatro repeticiones y cuatro cepas por unidad experimental. El modelo aditivo lineal fue en diseño completamente al azar con 4 repeticiones, nivel de significación del

5% y 5 grados de libertad del error experimental. Los resultados fueron analizados con el programa estadístico R-project (Ri386 2.15.3) de acceso gratuito. El análisis de varianza fue realizada por cada característica evaluada, produciendo dos fuentes de variación, de tratamientos y error. Los promedios fueron comparados en la prueba de Tukey.

3. Resultados y discusión

Componentes del rendimiento

Las características de área foliar, número de racimos y número de bayas resultaron no significativos en el análisis de variancia (ANVA). Sin embargo, si hubo diferencias estadísticas significativas en el diámetro de bayas y peso de racimos.

Área foliar

La característica área foliar no presentó diferencias significativas entre tratamientos, tanto para la hoja H3 (p-valor = 0,743), como para la hoja H4 (p-valor = 0,236) en la evaluación después del cuajado. Resultados similares fueron obtenidos en la evaluación en plena pinta en las hojas H3 (p-valor = 0,3740) y H4 (p-valor = 0,0502). En ambos momentos la mayor superficie foliar fue producida con T1 (298,6 cm^2 y 329,1 cm^2 , respectivamente.

Número de racimos

El número de racimos en ‘Moscatel’ (p-valor = 0,5654) fue mayor (32) en T1 (20L) y T3 (30L), mientras el menor número (21) fue con el tratamiento T2-T3 (15–30L). Los estudios de Hernández (2007); Parra *et al.* (2003) y Reynolds y Naylor (1994) encontraron efectos donde el aporte hídrico tuvo influencia sobre esta característica.

Número de bayas

Igualmente, el número de bayas por racimo no presentó diferencias significativas entre tratamientos (p-valor = 0,0593). El tratamiento T3 (30L) produjo el mayor número de bayas por racimo y el T2 (15L) el menor número.

Diámetro de bayas

Los resultados señalan cambios hacia el incremento en el diámetro de bayas provenientes de vides regadas con menor estrés hídrico en comparación al menor diámetro procedente de cepas regadas con baja cantidad de agua (Tabla 2).

Tabla 2. Diámetro (mm) de bayas B-1, B-2 y B-3 desde pinta a madurez

	1ª E			2ª E			3ª E			4ª E			5ª E		
	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2	B-3
T0 (25L)	12 ab	12	12	13 a	13	13	13 a	13 a	13 a	13 ab	14 a	14 a	13 a	13 ab	13 ab
T1 (20L)	11 ab	9	9	12 ab	12	12	13 a	13 ab	13 ab	13 ab	13 ab	13 ab	13 a	13 ab	13 ab
T2 (15L)	10 b	11	11	11 b	11	11	11 b	12 b	12 b	12 b	12 b	12 b	12 ab	12 b	12 b
T3 (30L)	13 a	12	12	13 a	13	13	13 a	14 a	14 a	14 a	15 a	15 a	13 a	14 a	14 a
T2-T3 (15-30L)	10 b	11	11	12 ab	13	13	12 ab	13 ab	13 ab	13 ab	13 ab	13 ab	13 a	13 ab	13 ab

Las columna de tratamientos sin letras o iguales no presentan diferencias estadísticas significativas.

También, al final de la madurez, las plantas con déficit hídrico a partir de pinta presentaron diferencias significativas respecto de aquellos tratamientos con baja reposición de agua, excepto con el riego tradicional (T0). Además el tratamiento de riego T2-T3 con bajo volumen de agua (15L) y que luego duplicó la cantidad de agua de riego (30L) a partir de pinta no produjo diferencias con aquel que mantuvo el estrés toda la temporada (T2). Adicionalmente el riego tradicional no presentó diferencias con los demás niveles de estrés hídrico. Los resultados obtenidos tienen consistencia con los encontrados por Ferreyra *et al.* (2003); Gurovich y Paez (2004); Hardie y Considine (1976); Hernández (2007); Matthews y Anderson (1989); Ojeda *et al.* (2002), quienes encontraron disminución en el diámetro final de las bayas procedentes de plantas con estrés hídrico inducido.

El diámetro de baya proveniente de cepas que sufrieron estrés hídrico durante las primeras etapas de desarrollo difícilmente recuperaron tamaño, esto fue evidente cuando fueron comparados los resultados de vides sometidas a estrés hídrico temprano hasta pinta. Respecto al tratamiento de riego T2, con el incremento de la cantidad de agua de riego, el diámetro de baya no aumentó a pesar de aplicar más agua al final de la temporada. De acuerdo a esto la falta de agua en etapas previas a pinta afectaría negativamente el crecimiento de la baya y posteriormente no sería recuperable, debido a la mayor sensibilidad de la vid al estrés hídrico durante las primeras etapas del crecimiento de la baya (Hardie y Considine, 1976; Hernández, 2007; Matthews y Anderson, 1989; Ojeda *et al.*, 2001) y la disminución de la división celular al interior de la baya en este periodo de desarrollo del fruto (Gurovich y Páez, 2004).

El incremento del diámetro de la baya estaría relacionado directamente con la reducción del estrés hídrico. Estos resultados serían

similares a los obtenidos por Ferreyra *et al.*, (2003); Gurovich y Paez (2004); Hardie y Considine (1976); Hernández (2007); Matthews y Anderson (1989); Ojeda *et al.*, (2002), quienes encontraron efectos en el diámetro de baya provocados por el estrés hídrico. El déficit hídrico temprano con incremento de dosis de agua a partir de pinta, no tendría efecto sobre el diámetro de la baya en comparación al estrés mantenido durante toda la temporada. Al parecer el estrés inducido antes de pinta tendría mayores efectos sobre el diámetro de la baya y no habría recuperación con reposición hídrica en las últimas etapas (Hernández, 2007; Ojeda *et al.*, 2001; Hardie y Considine, 1976; Matthews y Anderson, 1989).

Peso de racimos

La tabla 3 contiene el peso de racimos en donde todos los tratamientos produjeron menos peso de racimos que el T0, aunque el menor peso extremo ocurrió en T2 (15L). El ANVA resultante produjo diferencias significativas entre tratamientos (p-valor = 0.0065) pero no hubo entre las comparaciones múltiples de Tukey. El mayor peso de racimos ocurrió con mayores cantidades de reposición de agua.

Tabla 3. Peso promedio de racimos por cepa y variación porcentual en relación al T0 según tratamiento

Tratamiento	Peso	
	promedio racimos (kg. cepa ⁻¹)	Variación porcentual en relación a T0
T0 (25L)	11,50 a	0,00
T1 (20L)	10,20 ab	- 11,30
T2 (15L)	9,50 ab	- 17,40
T3 (30L)	11,30 a	- 1,74
T5 (15-30L)	11,00 a	- 4,35

Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Esteban *et al.* (2001); Ferreyra *et al.* (2003); Hernández (2007); Intrigliolo y Castel (2008); Matocp (2004); Matthews y

Anderson (1987); Matthews y Anderson (1989) y Reynolds y Naylor (1994) quienes encontraron mayores rendimientos con menor estrés hídrico en distintos cultivares y países. Sin embargo, Gurovich y Páez (2004); Myburgh (2005) y Pérez (2004) no encontraron efectos significativos en esta característica.

El peso de racimos proveniente de cepas bajo estrés hídrico temprano e incremento de la cantidad de agua de riego a partir de pinta, no incrementó de manera significativa con respecto al peso obtenido de cepas sometidas a estrés constante durante toda la campaña. Un bajo rendimiento será obtenido cuando el estrés hídrico ocurra durante las primeras etapas del desarrollo de la fruta, al igual que el incremento del peso de racimos sería más afectado en situaciones de estrés hídrico temprano y sin reposición de agua en la etapa de maduración (Ferreira *et al.*, 2003; Matthews y Anderson, 1989); Matthews y Anderson, 1987). Esta disminución del peso sería explicada por la pérdida o caída de frutos (Hardie y Considine, 1976). Sin embargo, Buchanan (2012) y Esteban *et al.* (2001) encontraron mayor rendimiento con estrés hídrico temprano en diferentes condiciones de clima y cultivar.

Rendimiento estimado

Características evaluadas y el rendimiento en peso

El análisis de los datos permitió identificar que dos de las cinco características (área foliar, diámetro de bayas, número de racimos, número de bayas por racimo y peso de racimos por planta) fueron significativamente apropiadas para estimar el rendimiento. Estas características fueron el diámetro de baya y el peso de racimos en T3. Reportes de investigación señalan relaciones entre el rendimiento y el diámetro de la baya en varios cultivares (Intrigliolo y Castel, 2008; Mactop, 2003; Matthews y Anderson, 1987). Matthews y Anderson (1989) también observaron correlaciones entre el rendimiento y el número de bayas por racimo.

Cantidad de agua utilizada y eficiencia de uso

La Tabla 4 contiene el índice de eficiencia de uso de agua (EUA) en cada tratamiento,

relacionado a los kilogramos de racimos producidos por m³ de agua de riego utilizada. El riego T2 (15L) con 142,5 mm, gastó menos agua en toda la temporada, mientras T3 (30L) tuvo el mayor consumo con 285 mm. El riego tradicional o T0 y los tratamientos que tuvieron incrementos en la cantidad de agua de riego (T3 y T2-T3), representaron los mayores rendimientos; lo contrario sucedió en riegos de menor reposición de agua (T1 y T2).

La Tabla 5 muestra que el tratamiento T2 (15L) produjo el índice más alto en peso por volumen de agua utilizada (PVAA), pero el más bajo en volumen de agua aplicado (VAA). Ningún tratamiento produjo mayor peso de racimos por cepa (PRC) y rendimiento (R) que el T0, sin embargo T3 produjo igual a T0, pero con el mayor valor de VAA. Esto indicaría que los tratamientos de menor reposición hídrica tuvieron menor gasto de agua y fue mayor conforme aumentaba la cantidad de agua de riego.

Tabla 4. Volumen de agua de riego aplicado, eficiencia de uso del agua (EUA), peso por volumen de agua utilizada y rendimiento promedio estimado por hectárea

Tratamiento (Dosis de riego)	Volumen de agua de riego (mm)	EUA	Peso por vol. de agua utilizada (kg.m ⁻³)	Rendimiento estimado (t.ha ⁻¹)
T0 (25L)	237,5	1,00	8,10	19,0
T1 (20L)	190,0	1,11	9,00	17,0
T2 (15L)	142,5	1,37	11,10	16,0
T3 (30L)	285,0	0,81	6,60	19,0
T2-T3 (15-30L)	180,0	1,25	10,10	18,0

Tabla 5. Variación porcentual de VAA, PVAA, PRC y R de 'Moscatel' en relación al tratamiento testigo (T0)

Tratamiento	VAA	PVAA	PRC	R
T0 (25L)	0,0	0,0	0,00	0,00
T1 (20L)	- 20,0	+ 11,0	- 11,30	- 10,53
T2 (15L)	- 60,0	+ 37,0	- 17,40	- 15,80
T3 (30L)	+ 20,0	- 18,52	- 1,74	0,00
T2-T3 (15-30L)	- 24,2	- 24,69	- 4,35	- 5,26

Tabla 6. Densidad, reacción, grados Brix, contenidos de antocianina (maldivina) y fenol (ácido gálico) en el mosto de 'Moscatel'

Tratamientos	Densidad* (mg.cm-3)	Reacción pH	Grados Brix		Maldivina (mg.L-1)	Acido gálico (mg.L-1)
			3aE	5aE		
T0 (25L)	1,109 a	3,97 ab	20,80 a	24,72 a	199,58	1,53 b
T1 (20L)	1,109 a	3,90 b	20,05 ab	22,52 ab	240,47	1,64 ab
T2 (15L)	1,108 ab	3,97 ab	18,25 ab	24,37 ab	217,33	1,67 a
T3 (30L)	1,111 a	4,05 a	20,73 a	22,77 ab	239,17	1,63 ab
T2-T3 (15-30L)	1,106 b	3,92 b	18,40 ab	23,82 ab	206,74	1,67 a

Calidad del mosto

En el cultivar Moscatel, el tratamiento T2-T3, en relación al T0, produjo la disminución de la densidad, pH y grados Brix del mosto y el incremento en la cantidad de Maldivina y Acido Gálico (Tabla 6). El T3 incremento la densidad y pH del mosto, incrementó el contenido de fenoles, principalmente Maldivina, pero redujo los grados Brix en la quinta evaluación.

4. Conclusiones

Los tratamientos de estrés hídrico no produjeron cambios sustanciales en el rendimiento de la vid y la calidad del mosto cv. Moscatel. Sin embargo los resultados encontrados señalan que el tratamiento T3 (30L) produjo resultados similares a T0 y, aunque tuvo las mayores diferencias significativas en el diámetro de bayas y peso de racimos por planta entre el estado de pinta y a la maduración, disminuyó los grados Brix.

Referencias

Acevedo, C.; Ortega-Farías, S.; Hidalgo, C.; Moreno, Y.; Córdova, F. 2005. Efecto de diferentes niveles de agua aplicada en postcua y postpinta sobre la calidad del vino Cabernet Sauvignon. *Agricultura Técnica* 65 (4): 397-410.

Al-Haddad, A.; Bakr, T. 2013. Irrigation Scheduling Effect on Water Requirements. *Journal of Engineering* 19(1): 96-145.

Buchanan, M. 2010. Deficit irrigation of Cabernet Sauvignon and Tempranillo: impacts on vine, growth, yield and berry composition. Oregon Wine Board. May. 2010: 1-16.

Choque, F. 2006. Ampelografía de cultivares de vid (*Vitis vinifera* L. y *Vitis labrusca* L.) en zonas áridas. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Arequipa, Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 132 p.

Coombe, B.; McCarthy, M. 2000. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening.

Australian Journal of Grape and Wine Research 6(2): 131- 135.

Creasy, G.; Lombard, P. 1993. Vine water stress and peduncle girdling effects on pre- and post-veraison grape berry growth and deformability. *American Journal of Enology and Viticulture* 44(2): 193-197.

Elsner, A.; Jubb, L. 1988. Leaf area estimation of Concord grape leaves from simple linear measurements. *American Society for Enology and Viticulture* 39(1): 95-97.

Esteban, M.; Villanueva, M.; Lissarrague, J. 2001. Effect of irrigation on changes in the anthocyanin composition of the skin of cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) grape berries during ripening. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81(4): 409-420.

Ferreira, R.; Selles, G.; Peralta, J.; Burgos, L.; Valenzuela J. 2002. Efectos de la restricción del riego en distintos periodos de desarrollo de la vid cv. Cabernet Sauvignon sobre la producción y calidad del vino. *Agricultura Técnica* 62(3): 406-417.

Ferreira, R.; Selles, G.; Ruiz, R.; Selles, I. 2003. Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos periodos de desarrollo en la vid cv. Chardonnay en la producción y calidad del vino. *Agricultura Técnica* 63(3): 277-286.

Ferreira, R.; Silva, H.; Ahumada, R.; Muñoz, I.; Muñoz, V. 2006. Efecto del agua aplicada en la relaciones hídricas y productividad de la vid 'Crimson Seedless'. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 41(7): 1109-1118.

García, J. 1990. Técnicas analíticas para vinos. 1ra edición. Barcelona, España. Publicado por GAB Barcelona. 833 p.

Ginestar, C.; Eastham, J.; Gray, S.; Iland, P. 1998. Use of Sap-Flow Sensors to Schedule Vineyard Irrigation. II. Effects of Post-Veraison Water Deficits on Composition of Shiraz Grapes. *American Society for Enology and Viticulture*. 49(4): 421-428.

Goodwin, I.; Macrae, I. 1990. Regulated Deficit Irrigation of Cabernet Sauvignon grapevines. *Australian y New Zealand Wine Industry Journal* 5(2): 131-133.

Gurovich, L.; Paez, C. 2004. Influencia del riego deficitario controlado sobre el desarrollo de las bayas y composición química de los mostos y vinos. *Ciencia e Investigación Agraria* 31(3): 175-186.

Gurovich, L.; Vergara, M. 2005. Riego deficitario controlado: la clave para la expresión del terroir de vinos premium. Seminario Internacional de

- manejo de riego y suelo en vides para vino y mesa. Capítulo 14. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias 39: 167-186.
- Gutiérrez, T.; Lavin, A. 2000. Mediciones Lineales de hoja para la estimación no destructiva del área foliar en vides cv. Chardonnay. *Agricultura Técnica* 60(1): 69-73.
- Hardie, W.; Considine, J. 1976. Response of Grapes to Water-deficit Stress in Particular Stages of Development. *American Journal of Enology and Viticulture* 27(2): 55-61.
- Hardie, W.; Martin, S. 2000. Shoot growth on defruited grapevines: a physiological indicator for irrigation scheduling. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6(1): 52-58.
- Hera Orts, L. de la; Martínez-Cutillas, A.; López-Roca, J.; Gómez-Plaza, E. 2005. Effect of moderate irrigation on grape composition during ripening. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3(3): 352-361.
- Hernández, C.B.E. 2007. Evaluación del Cultivar Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) sometido a diferentes regímenes hídricos. Memoria para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Chile. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. 36 p.
- Hidalgo, L. 2002. Tratado de Viticultura General. 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa. 1235 p.
- Hidalgo, A.C.E. 2003. Efecto de tres niveles de reposición hídrica, post-cuaja y post-pinta sobre parámetros químicos y de calidad del mosto y vino en 'Cabernet Sauvignon'. Memoria de Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. 39 p.
- Intrigliolo, D.; Castel, J. 2008. Effect of irrigation on the performance of grapevines cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) in Requena, Spain. *American Journal of Enology and Viticulture* 59(1): 30 - 38.
- Legorburo, A. 2005. Estimación del Área Foliar en (*Vitis vinifera* L.) Tesis Doctoral. Albacete, España. Universidad De Castilla-La Mancha. Departamento de producción vegetal y tecnología agraria, Escuela técnica superior de Ingenieros agrónomos de Albacete. 424 p. Disponible en: <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/2309/TESIS%20Legorburo%20Serra.pdf?sequence=1>
- Lopes, C.; Pinto, A. 2005. Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models. *Vitis Journal of Grapevine Research* 44 (2): 55-61.
- Matocp, G. 2004. Evaluación de diferentes alternativas de control del rendimiento en (*Vitis vinifera* L.) cultivar Syrah. Tesis para optar el título de Magister Scientiae en Viticultura y Enología. San Juan, Argentina. Universidad Nacional de Cuyo. 102 p.
- Mathews, M.; Anderson, M. 1987. Phenologic and growth responses to early and late season water deficits in Cabernet Franc. *Vitis Journal of Grapevine Research* 26: 147-160.
- Mathews, M.; Anderson, M. 1988. Fruit ripening in (*Vitis vinifera* L.): response to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture* 39(4): 313-320.
- Mathews, M.; Anderson, M. 1989. Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): responses to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture* 40(1): 52-60.
- Medrano, H.; Bota, J.; Cifre, J.; Flexas, J.; Rivas-Carbó, M.; Gulías, J. 2007. Eficiencia en el Uso de Agua por las Plantas. *Investigaciones Geográficas* 43: 63-84.
- Myburgh, P.A. 2005. Water Status, Vegetative Growth and Yield Responses of *Vitis vinifera* L. cvs. Sauvignon Blanc and Chenin Blanc to Timing of Irrigation during Berry Ripening in the Coastal Region of South Africa. *South African Journal of Enology and Viticulture* 26(2): 59-67.
- Myburgh, P.A. 2006. Juice and wine quality response of *Vitis vinifera* L. cv Sauvignon Blanc and Chenin Blanc to timing of irrigation during berry ripening in the coastal region of South Africa. *South African Journal of Enology and Viticulture* 27(1): 1-7.
- Ojeda, H.; Deloire, A.; Carbonneau, A. 2001. Influence of water deficit on grape berry growth. *Vitis Journal of Grapevine Research* 40(3): 141-145.
- Ojeda, H.; Andary, C.; Kraeva, E.; Carbonneau, A.; Deloire, A. 2002. Influence of Pre- and Postveraison Water Deficit on Synthesis and Concentration of Skin Phenolic Compounds during Berry Growth of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture* 53(4): 261-267.
- ONERN (Oficina Nacional de Recursos Naturales (1975). Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la costa; cuencas de los ríos Atico, Caravelí y Ocoña. Lima PE.
- Parra, R.; Montero, F.; Juan Valero, De J.; Sajardo, E. 2003. Efecto de diferentes programaciones deficitarias de riego sobre el rendimiento cuantitativo de cultivares de vid (*Vitis vinifera* L.) Chardonnay, Syrah y Cabernet Sauvignon. X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Pontevedra, España. Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. UCLM Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos 39: 476-478.
- Perez, P.J.E. 2004. Whole canopy photosynthesis transpiration under regulated deficit irrigation in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. Washington, U.S.A. Washington State University. Department of Horticulture and Landscape Architecture. 261 p.
- Pire, R.; Valenzuela, I. 1995. Estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. 'French Colombard' a partir de mediciones lineales en las hojas. *Agronomía Tropical* 45(1): 143-154. Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at4501/arti/pire_r.htm
- Reynolds, A.; Naylor, A. 1994. Pinot Noir and Riesling grapevines respond to water stress duration and soil water-holding capacity. *HortScience* 29(12): 1505-1510.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2011. Datos meteorológicos. Estación Caravelí, Arequipa.