

## **Efecto del jasmonato de metilo sobre el desarrollo de la uva en la planta y sus implicaciones en la calidad durante la conservación**

M. Serrano<sup>1\*</sup>, M.E. García-Pastor<sup>2</sup>, A. Gironés-Vilaplana<sup>2</sup>, J.M. Valverde<sup>2</sup>, P.J. Zapata<sup>2</sup> & F. Guillén<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dept. Biología Aplicada. EPSO, Universidad Miguel Hernández. Orihuela, Alicante, España.

<sup>2</sup> Dept. Tecnología Agroalimentaria. EPSO, Universidad Miguel Hernández. Orihuela, Alicante, España.

### **Resumen**

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto del tratamiento de uva de mesa ‘Magenta’ con jasmonato de metilo (JaMe) sobre el proceso de crecimiento y maduración de las bayas. El JaMe se aplicó a tres concentraciones, 1, 5 y 10 mM y en tres momentos claves del proceso del desarrollo de la uva. Se analizó el efecto de los tratamientos sobre parámetros de calidad organoléptica (tamaño, color y firmeza), nutritiva (contenido en sólidos solubles y acidez) y funcional (antocianinas, fenoles y actividad antioxidante) de las uvas en el momento de la recolección, así como su implicación en la calidad durante la conservación en frío. Los resultados pusieron de manifiesto que las concentraciones más elevadas de JaMe, 5 y 10 mM, retrasaron el proceso de crecimiento y maduración de la baya en la parra, mientras que este efecto no se encontró con el tratamiento a 1 mM. Por otra parte, en el momento de recolección comercial, algunos parámetros de calidad, como contenido en sólidos solubles totales, firmeza, actividad antioxidante y concentración de fenoles totales, presentaron valores más altos en las uvas de las parras tratadas con JaMe 1 mM que en las uvas control y estas diferencias se mantuvieron después de un periodo de conservación de 45 días a 1 °C.

**Palabras clave:** *Vitis vinifera*, crecimiento, maduración, antioxidantes, fenoles.

### **Abstract**

In the present work the effect of pre-harvest methyl jasmonate (MeJa) treatments in table grape fruit development and ripening on tree was analyzed. MeJa treatments were applied at 3 concentrations, 1, 5 and 10 mM and at 3 key point of fruit development. The effects of MeJa treatments on quality (size, color and firmness), nutritive (soluble solids and acidity) and functional (phenolics and antioxidant activity) properties were analyzed at harvest and after 45 days of cold storage at 1 °C Results showed that MeJa treatments at 5 and 10 mM delayed the growth and ripening process of table grape, while this effect was not found with 1 mM MeJa treatment. By other hand, at commercial harvesting, berry quality parameters, such as total soluble solids, firmness, total phenolic concentration and antioxidant activity were significantly higher in berries from 1 mM MeJa treated plants than in controls and these differences were maintained after 45 days of storage at 1 °C.

**Keywords:** *Vitis vinifera*, berry growth, ripening, antioxidants, phenolics

### **Introducción**

La uva de mesa (*Vitis vinifera* L.) es uno de los cultivos más importantes en el mundo, siendo España el cuato país productor de uva (FAOSTAT, 2015). No obstante, la uva presenta importantes pérdidas de calidad durante la conservación post-cosecha,

debido a proceso de ablandamiento, pérdidas de peso, contaminación fúngica y sobre-maduración. Algunos progresos se han encontrado con tratamientos post-recolección con recubrimientos comestibles a base de quitosan (Guerra et al., 2016) o gel de *Aloe* (Martínez-Romero et al., 2006; Serrano et al., 2006), con elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> (Rosales et al., 2016) o poliaminas (Champa et al., 2014). Sin embargo, recientemente se está investigando más sobre la posibilidad de realizar tratamientos pre-cosecha, especialmente con compuestos naturales, que tengan efectos manteniendo la calidad durante la conservación post-recolección. En este sentido, tratamientos de uvas con gel de *Aloe vera* 1 y 7 días antes de la recolección mantuvieron la calidad y disminuyeron la contaminación microbiana de la uva durante la conservación en frío (Castillo et al., 2010).

El ácido jasmónico y su derivado jasmonato de metilo (JaMe) se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas superiores y se consideran elicitores o moléculas señal implicados en muchas respuestas fisiológicas, fundamentalmente relacionadas con la estimulación de los sistemas de defensa frente a diferentes tipos de estrés, tanto biótico como abiótico (Creelman & Mullet, 1997). La mayoría de los estudios del efecto del JaMe en la calidad del fruto se han realizado como tratamientos post-cosecha y han demostrado su eficacia en reducir los daños por frío y los problemas de podredumbres en granada (Sayyari et al., 2011), papaya (González-Aguilar et al., 2003) y melocotón (Meng et al., 2009), así como una estimulación de la maduración en frutos climatéricos como mango, melocotón, tomate, ciruela y manzana, a través de un incremento en la síntesis de etileno (Peña-Cortés et al., 2005; Khan & Singh, 2007). Sin embargo, la implicación de los jasmonatos en los procesos de desarrollo y maduración del fruto se han estudiado en menor profundidad, aunque el potencial del JaMe para su aplicación con fines comerciales es elevado puesto que ha sido reconocido por la FDA como “Generally Recognised as Safe” (FDA-EPA-2013). Así por ejemplo, algunos trabajos con melocotón, manzana, y ciruela han puesto de manifiesto que el efecto de los tratamientos pre-cosecha con JaMe sobre el proceso de maduración del fruto en el árbol, así como su implicación en la evolución de la calidad durante la conservación post-cosecha, dependen de la concentración y del momento del desarrollo en el que se realizan los tratamientos (Rudell et al., 2005; Ziosi et al., 2008; Martínez-Esplá, et al., 2014; Zapata et al., 2014 y referencias en ellos).

Sin embargo, no existen trabajos previos del efecto que los tratamientos de uva de mesa con JaMe pueda tener sobre la calidad y propiedades antioxidantes de las bayas en el momento de la recolección y sus implicaciones en la evolución de la calidad durante la conservación post-recolección, lo cual fue el objetivo fundamental de este trabajo.

## Material y métodos

**Material Vegetal y Diseño Experimental.** El experimento se realizó en una finca comercial de la empresa El Ciruelo, situada en Cieza (Murcia, España), con uva de mesa (*Vitis vinifera*, L.) variedad ‘Magenta’. Se seleccionaron 5 parras para cada uno de los tratamientos: Jasmonato de metilo (JaMe) a concentraciones 1, 5 y 10 mM y control. Los tratamientos se realizaron mediante aplicación foliar de las disoluciones de JaMe conteniendo Twin-20 0,5 % o con agua y Twin-20 0,5 % a las parras control. Se realizaron tres aplicaciones a lo largo del desarrollo de la uva, el 30 de junio, el 7, y el 14 de julio de 2016. El día del primer tratamiento se marcaron 5 racimos al azar en cada parra y en ellos se medía semanalmente el diámetro ecuatorial de 5 bayas. Así se recogieron datos del crecimiento de la uva hasta el momento de la recolección. La recolección se realizó en el estado de maduración comercial, según criterios comerciales de color externo de los

racimos, y se recolectó en 4 fechas: 21 y 27 de julio y 11 y 26 de agosto. En cada una de estas fechas se anotó el número y peso de los racimos recolectados de cada parra, calculando la producción media por parra en cada fecha de recolección (5 repeticiones por tratamiento). El día de la segunda recolección se llevaron al laboratorio 12 racimos procedentes de las parras control y otros 12 racimos de las tratadas con JaMe 1 mM. Estos racimos se confeccionaron en el campo en barquetas de plástico macroperforado (3 mm de diámetro) a partir de una mezcla de las uvas recolectadas de las 5 parras de cada tratamiento. Una vez en el laboratorio se pesaron y etiquetaron las barquetas y 3 de ellas se analizaron en ese momento (datos del día 0) y el resto se conservaron a 1 °C. Después de 15, 30 y 45 días se tomaron al azar 3 barquetas de cada tratamiento y se analizaron los siguientes parámetros: tasa de respiración, producción de etileno, color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez total, contenido en fenoles totales y actividad antioxidante.

**Determinaciones analíticas.** Para determinar la tasa de respiración y la producción de etileno se introdujeron los racimos durante 1 h en tarros de 1.8 L y se cuantificó el CO<sub>2</sub> y etileno acumulados en el interior mediante cromatografía gaseosa, según se indica en trabajos previos (Zapata et al., 2014). Los datos de la respiración se expresan en mg de CO<sub>2</sub> desprendidos por kg de uva y hora y los de producción de etileno en nL g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> y son la media ± de las medidas realizadas por duplicado en cada uno de los tres replicados. De cada racimo se tomaron 20 bayas al azar en las que se determinó el color y la firmeza individualmente, y seguidamente, se realizó un zumo con cada lote que se usó para determinar en duplicado el contenido en sólidos solubles totales (SST) y la acidez total (AT) según se indica en trabajos previos (Martínez-Romero et al., 2006). Finalmente, otros 5 granos de cada racimo se usaron para determinar la actividad antioxidante y el contenido en fenoles totales (Martínez-Esplá et al., 2014). La extracción se realizó con metanol:agua (2:8) conteniendo NaF 2 mM y los fenoles se cuantificaron por duplicado en cada extracto, usando el reactivo de Folin–Ciocalteu y los resultados (media ± SE) se expresan en equivalentes de ácido gálico 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco. La actividad antioxidante se determinó en el mismo extracto usando el sistema enzimático compuesto por el cromóforo sal de diamonio del ácido 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfónico) (ABTS), peroxidasa y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y los resultados se expresan en mg equivalentes de Trolox 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco.

**Análisis estadístico.** Para los datos de crecimiento y de producción se aplicó un análisis de varianza, siendo las fuentes de variación tratamiento y tiempo y para los parámetros de calidad y bioactivos se aplicó una *t*-Student para encontrar diferencias significativas entre las uvas control y las tratadas con JaMe ( $P < 0,05$ ) para cada día de muestreo.

## Resultados y discusión

**Crecimiento y maduración de la uva en la parra.** Los tratamientos con JaMe tuvieron un efecto significativo disminuyendo el crecimiento de la baya, efecto que se pudo observar a partir de la primera semana de realizar los tratamientos (Figura 1A). Además, este efecto inhibitorio fue mayor cuanto más elevada fue la dosis de JaMe aplicada. El primer día de recolección, se recolectaron una media de 5 kg por parra en las parras control y casi 12 kg en las tratadas con JaMe 1mM, mientras que no se recolectó nada de las parras tratadas con 5 y 10 mM, ni este día ni a la semana siguiente, porque aún no estaban maduras (Figura 1B). Estos resultados indican que el tratamiento con JaMe 1 mM aceleró el proceso de maduración, mientras que con las concentraciones 5 y 10 mM el efecto fue el contrario (Figura 2). El 11 de agosto ya se recolectaron más de 20 kg/parra de las tratadas con 5 mM, mientras que las tratadas con 10 mM se recolectaron

mayoritariamente el 26 de agosto, mostrando un retraso de la maduración de un mes, aproximadamente. Así pues, el efecto del JaMe sobre la maduración depende de la concentración aplicada. Asimismo, en melocotón se encontraron efectos diferentes dependiendo de la concentración, aunque en ese caso la concentración 0,4 mM retrasó la maduración, mientras que concentraciones más altas, 8 mM, la adelantaron (Ziosi et al., 2008). Por otra parte, el efecto de este tratamiento también depende del momento de aplicación, como se demostró en manzanas, en las que el tratamiento en un estado poco avanzado del desarrollo disminuyó el peso de los frutos y retrasó su maduración, mientras que en estados más tardío el peso no se vió afectado y la maduración se adelantó (Rudell et al., 2005).

**Parámetros fisiológicos, de calidad y propiedades funcionales.** La producción de etileno fue muy baja, tanto en la recolección como durante la conservación, aunque después de 45 días de conservación fue mayor en las uvas tratadas que en las control (Tabla 1). Asimismo, la tasa de respiración se vio incrementada por el tratamiento con JaMe, tanto en el día de la recolección como después de la conservación prolongada. Por otra parte, algunos parámetros de calidad, como SST y firmeza, así como el contenido en fenoles totales y la actividad antioxidante, también fueron más altos en las uvas tratadas con JaMe que en las control, tanto en el día 0 como después de 45 días de conservación. Este efecto del tratamiento con JaMe en pre-cosecha, incrementando los parámetros de calidad de los frutos y su contenido en compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes en el momento de la recolección, también se ha obtenido en diferentes variedades de ciruela (Kucuker et al., 2014; Martínez-Esplá, et al., 2014), así como en moras, frambuesas (Wang and Zheng, 2005; Wang et al., 2008; Flores y Ruíz del Castillo, 2014). Además, en uvas de vinificación, como ‘Shiraz’, ‘Tempranillo’ o ‘Monastrell’, estos tratamientos han incrementado el color y el contenido de antocianinas en las bayas e incluso en los vinos (Ruíz-García et al., 2013; Portu et al., 2015). Este efecto ha sido atribuido a que JaMe estimula la expresión de genes que codifican enzimas implicadas en la biosíntesis de fenoles, como fenilalanina amonio liasa, chalcona sintetasa, estilbeno sintetasa, UDP-glucosa:flavonoid-O-transferasa y de inhibidores de proteinasa y quitinasa (Belhadj et al., 2008). Así pues, el tratamiento con JaMe a dosis adecuada podría ser una herramienta eficaz para incrementar la calidad de las bayas en la uva de mesa y su contenido en compuestos bioactivos con actividad antioxidante.

## Conclusiones

Los resultados muestran que el tratamiento con JaMe a 1, 5 y 10 mM retrasó el crecimiento de la uva, siendo el efecto proporcional a la dosis aplicada. No obstante, el tratamiento con JaMe a 1 mM adelantó la maduración de la uva en la parra e incrementó la calidad de las uvas en el momento de maduración comercial y su contenido en compuestos bioactivos y propiedades antioxidantes, efectos que aún fueron evidentes después de una conservación prologada. Por tanto, será necesario realizar más investigaciones para encontrar la dosis de JaMe más apropiada que permita incrementar la calidad de las bayas en la uva de mesa y su contenido en compuestos bioactivos con actividad antioxidante, sin efectos negativos en la producción total de la parra o en el tamaño de la baya.

## Referencias

Belhadj, A., Telef, N., Saigne, CS., Barrieu, F., Hamdi, S. & Merillon, J. M. 2008. Effect of methyl jasmonate in combination with carbohydrates on gene expression of PR

- proteins, stilbene and anthocyanin accumulation in grapevine cell cultures. *Plant Physiology and Biochemistry* 46:493-499.
- Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P.J., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M. & Martínez-Romero, D. 2010. Antifungal efficacy of Aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and Technology* 57:183-188.
- Champa, W.A.H., Gill, M.I.S., Mahajan, B.V.C. & Arora, N.K. 2014. Postharvest treatment of polyamines maintains quality and extends shelf-life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. *Postharvest Biology and Technology* 91:57-63.
- Creelman, R.A., & Mullet, J.E. 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48, 355-381.
- FAOSTAT 2015. Dirección de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Datos 2013.
- FDA-EPA, 2013. Methyl Jasmonate; Exemption From the Requirement of a Tolerance. Document 78 FR 22789. pp. 22789–22794, <https://federalregister.gov/a/2013-08829G>.
- Flores, G. & Ruiz del Castillo, M.L. 2014. Influence of preharvest and postharvest methyl jasmonate treatments on flavonoid content and metabolomic enzymes in red raspberry. *Postharvest Biology and Technology* 97, 77-82.
- González-Aguilar, G.A., Buta, J.G. & Wang, C.Y. 2003. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya ‘Sunrise’. *Postharvest Biology and Technology* 28, 361-370.
- Guerra, I.C.D., De Oliveira, P.D.L., Santos, M.M.F., Lucio, A.S.S.C., Tabares, J.F., Barbosa-Filho, J.M., Madruga, M.S. & De Souza, E.L. 2016. The effects of composite coatings containing chitosan and Mentha (piperita L. or x villosa Huds) essential oil on postharvest mold occurrence and quality of table grape cv. Isabella. *Food Science and Emerging Technologies* 34: 112-121.
- Khan, A.S. & Singh, Z. 2007. Methyl jasmonate promotes fruit ripening and improves fruit quality in Japanese plum. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 82, 695-706.
- Kucuker, E., Ozturk, B., Celik, S.M. & Aksit, H. 2014. Pre-harvest spray application of methyl jasmonate plays an important role in fruit ripening, fruit quality and bioactive compounds of Japanese plums. *Scientia Horticulturae* 176, 162-169.
- Martínez-Esplá, A., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Valero, D. & Serrano, M. 2014. Preharvest application of methyl jasmonate (MeJA) in two plum cultivars. 1. Improvement of fruit growth and quality attributes at harvest. *Postharvest Biology and Technology* 98, 98-105.
- Martínez-Romero, D., Alburquerque, N., Valverde, J.M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D. & Serrano, M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology* 39, 93-100.
- Meng, X., Han, J., Wang, Q. & Tian, S. 2009. Changes in physiology and quality of peach fruits treated by methyl jasmonate under low temperature stress. *Food Chemistry* 114, 1028-1035.
- Peña-Cortés, H., Barrios, P., Dorta, F., Polanco, V., Sánchez, C., Sánchez, E. & Ramírez, I. 2005. Involvement of jasmonic acid and derivatives in plant response to pathogen and insects and in fruit ripening. *Journal of Plant Growth Regulation* 23, 246-260.

- Portu, J., Santamaría, P., López-Alfaro, I., López, R. & Garde-Cerdán, T. 2015. Methyl jasmonate foliar application to tempranillo vineyard improved grape and wine phenolic content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63, 2328-2337.
- Rosales, R., Romero, I., Fernandez-Caballero, C., Escribano, M.I., Merodio, C. & Sanchez-Ballesta, M.T. 2016. Low temperature and short-term high-CO<sub>2</sub> treatment in postharvest storage of table grapes at two maturity stages: Effects on transcriptome profiling. *Frontiers in Plant Science* 7 (JULY2016), 1020.
- Rudell, D.R., Fellman, J.K. & Mattheis, J.P. 2005. Preharvest application of methyl jasmonate to 'Fuji' apples enhances red coloration and affects fruit size, splitting, and bitter pit incidence. *HortScience* 40, 1760-1762.
- Ruiz-García, Y., Romero-Cascales, I., Bautista-Ortín, A.B., Gil-Muñoz, R., Martínez-Cutillas, A. & Gómez-Plaza, E. 2013. Increasing bioactive phenolic compounds in grapes: Response of six monastrell grape clones to benzothiadiazole and methyl jasmonate treatments. *American Journal of Enology and Viticulture* 64, 459-465.
- Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M. & Valero, D., 2011. Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. *Food Chemistry* 124, 964-970.
- Serrano, M., Valverde, J.M., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-Romero, D. & Valero, D. 2006. Use of *Aloe vera* gel coating preserves the functional properties of table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 3882-3886.
- Wang, S.Y., Bowman, L. & Ding, M. 2008. Methyl jasmonate enhances antioxidant activity and flavonoid content in blackberries (*Rubus sp.*) and promotes antiproliferation of human cancer cells. *Food Chemistry* 107, 1261-1269.
- Wang, S.Y. & Zheng, W. 2005. Preharvest application of methyl jasmonate increases fruit quality and antioxidant capacity in raspberries. *International Journal of Food Science and Technology* 40,187-195.
- Zapata, P.J., Martínez-Esplá, A., Guillén, F., Díaz-Mula, H.M., Martínez-Romero, D., Serrano, M. & Valero, D. 2014. Preharvest application of methyl jasmonate (MeJA) in two plum cultivars. 2. Improvement of fruit quality and antioxidant systems during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 98, 115-122.
- Ziosi, V., Bonghi, C., Bregoli, A.M., Trainotti, L., Biondi, S., Sutthiwal, S., Kondo, S., Costa, G. & Torrigiani, P. 2008. Jasmonate-induced transcriptional changes suggest a negative interference with the ripening syndrome in peach fruit. *Journal of Experimental Botany* 59, 563-573.

## Tablas y Figuras

Tabla 1: Parámetros fisiológicos, de calidad, fenoles y actividad antioxidante de las uvas control y tratadas con JaMe 1 mM en el momento de la recolección y después de 45 días de conservación a 1 °C.

Parámetro	Control		JaMe 1 mM	
	Día 0	Día 45	Día 0	Día 45
Etileno (nL g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	0,020±0,001 <sup>a</sup>	0,010±0,001 <sup>a</sup>	0,021±0,003 <sup>a</sup>	0,037±0,002 <sup>b</sup>
Respiración*	21,03±1,02 <sup>a</sup>	8,66±0,62 <sup>a</sup>	26,78±1,30 <sup>b</sup>	15,23±0,85 <sup>b</sup>
Color Hue	11,38±0,60 <sup>a</sup>	7,30±1,14 <sup>a</sup>	12,14±0,67 <sup>a</sup>	11,50±1,12 <sup>b</sup>
Firmeza (N mm <sup>-1</sup> )	2,20±0,06 <sup>a</sup>	1,37±0,03 <sup>a</sup>	2,39±0,04 <sup>b</sup>	1,94±0,04 <sup>b</sup>
SST (Brix)	18,15±0,40 <sup>a</sup>	18,83±0,22 <sup>a</sup>	19,98±0,09 <sup>b</sup>	19,00±0,15 <sup>a</sup>
Acidez (g 100 g <sup>-1</sup> )	0,64±0,02 <sup>a</sup>	0,83±0,02 <sup>a</sup>	0,55±0,02 <sup>b</sup>	0,78±0,02 <sup>a</sup>
Fenoles **	35,84±3,68 <sup>a</sup>	24,74±1,27 <sup>a</sup>	60,64±5,38 <sup>b</sup>	27,03±0,87 <sup>b</sup>
Activ. Antioxid.**	9,15±1,78 <sup>a</sup>	7,16±1,01 <sup>a</sup>	16,29±1,07 <sup>b</sup>	10,73±0,94 <sup>b</sup>

\* (mg kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), \*\* (mg 100 g<sup>-1</sup>), Letras diferentes indican diferencias significativas entre uvas control y tratadas para cada parámetro y día de muestreo.

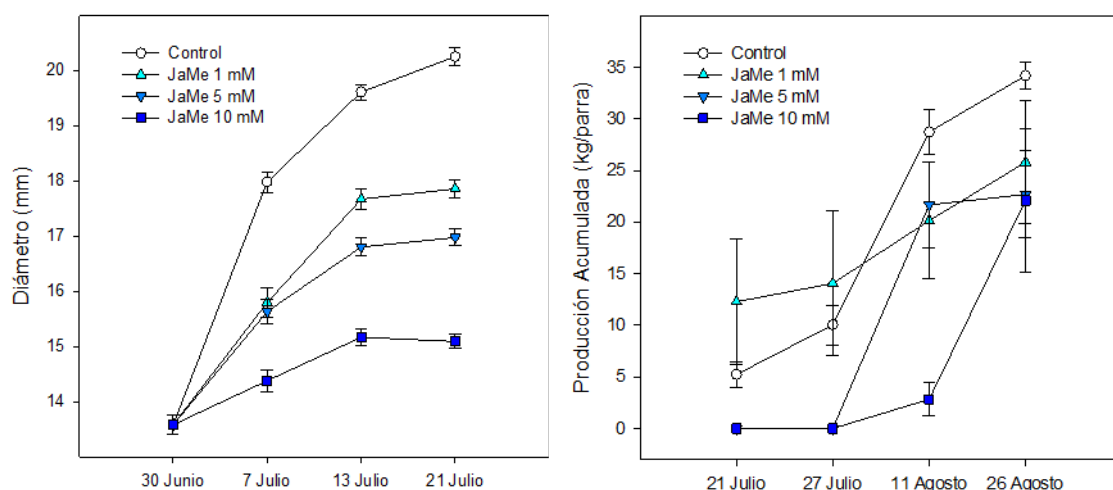


Figura 1: Efecto de los tratamientos con JaMe sobre el crecimiento de la baya (A) y sobre la producción acumulada (B). En la figura A los datos son las media ± ES de 5 bayas medidas en cada uno de los 5 racimos marcados por cada una de las 5 parras. En la figura B los datos son la media ± ES de 5 parras.



Figura 2: Aspecto de las uvas tratadas con JaMe 10 mM y de las control, a la derecha, el 14 de julio, una semana antes de la primera recolección.