

# PROGRAMACIÓN DEL RIEGO EN VID (*Vitis vinifera* L.) DE MESA ‘PERLETTE’ Y ‘SUGRAONE’ CON SENSORES DE HUMEDAD

Sergio Payán-Ochoa<sup>1\*</sup>; Antonio Morales-Maza<sup>1</sup>; Benjamín Valdez-Gascón<sup>2</sup>;  
Martha Hortencia Martín-Rivera<sup>3</sup>; Fernando Arturo Ibarra-Flores<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de Mexicali. km 7.5 Carretera a San Felipe. Mexicali, Baja California, MÉXICO. C. P. 21700

Correo-e: payan.sergio@inifap.gob.mx (\*Autor para correspondencia)

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Costa de Hermosillo. km 12.5 Carretera a Bahía de Kino. Hermosillo, Sonora, MÉXICO. C. P. 81000.

<sup>3</sup> Universidad de Sonora. Campus Norte. Departamento de Ciencias Agrícolas. Carretera Internacional y 16 de septiembre. Santa Ana, Sonora, MÉXICO. C. P. 84600.

## RESUMEN

La limitada disponibilidad de agua obliga a un mayor esfuerzo para eficientar su uso. Una forma de hacerlo es con la programación adecuada de los riegos. El presente trabajo se realizó en un viñedo de la costa de Hermosillo, Sonora, México, con el objetivo de evaluar el efecto de la reducción en la lámina de riego anual en el rendimiento y calidad de los cultivares de vid ‘Perlette’ y ‘Sugraone’, reduciendo la ETc 30 %. Se evaluó riego restringido con 70 % de ETc, riego modificado con 100 % de ETc con goteros a 50 cm, y goteros a 75 cm como testigo con 100 % de ETc, monitoreando la humedad del suelo a 40 y 80 cm de profundidad. Se midieron número y peso de racimos, rendimiento de planta, diámetro de bayas y sólidos solubles. Los resultados muestran que en ‘Perlette’ y ‘Sugraone’ el rendimiento y la calidad se mantienen al restringir el riego en etapas no críticas de la planta, pero manteniendo tensiones de 25-50 cb hasta cosecha y 100-200 cb en poscosecha. En la comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ), ‘Perlette’ respondió mejor al riego modificado superando en 2008 a riego restringido con 28.7 %. Por el contrario, ‘Sugraone’ tuvo mejor respuesta con riego restringido, pues superó al testigo en número de racimos y rendimiento de planta con 42.5 y 40.7 %, respectivamente. En diámetro de baya superó al testigo y al riego modificado con 3.6 y 3.5 %, correspondientemente, e incrementó en 7.6 % los sólidos solubles respecto al riego modificado.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** Riego por goteo, evapotranspiración, monitoreo de humedad.

## IRRIGATION SCHEDULING IN ‘PERLETTE’ AND ‘SUGRAONE’ TABLE GRAPES (*Vitis vinifera* L.) USING MOISTURE SENSORS

## ABSTRACT

Limited water availability requires greater effort to maximize its efficient use. One way of doing this is through proper irrigation scheduling. This study was carried out in a vineyard in the Hermosillo Coast region, Sonora, Mexico, in order to assess the effect of reducing the annual irrigation depth on the yield and quality of ‘Sugraone’ and ‘Perlette’ grapevine cultivars. We evaluated restricted irrigation with 70 % ETc, modified irrigation with 100 % ETc with drippers spaced 50 cm apart, and a control with drippers spaced 75 cm apart and 100 % ETc, by monitoring soil moisture at 40 and 80 cm deep. Fruit number and weight, plant yield, grape diameter and soluble solids were measured. Results show that in ‘Perlette’ and ‘Sugraone’ yield and quality are maintained by restricting irrigation during non-critical plant stages, but maintaining tensions of 25-50 cb until harvest and 100-200 cb in postharvest. In Tukey’s range test ( $P \leq 0.05$ ), ‘Perlette’ responded better to modified irrigation, surpassing restricted irrigation in 2008 by 28.7 %. By contrast, ‘Sugraone’ had a better response with restricted irrigation, as it surpassed the control in number of clusters and plant yield with 42.5 and 40.7 %, respectively. In grape diameter, it surpassed the control and modified irrigation by 3.6 and 3.5 %, respectively, and increased soluble solids by 7.6 % with respect to modified irrigation.

**ADDITIONAL KEYWORDS:** Drip irrigation, evapotranspiration, moisture monitoring.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de vid (*Vitis vinifera* L.) de mesa es de gran importancia en la costa de Hermosillo, Sonora, por los 2.5 millones de jornales y 280 millones de dólares que representa anualmente. Sin embargo, la limitada disponibilidad de agua para riego demanda un uso eficiente (Valdez *et al.*, 2007). Esta situación ha obligado a la reconversión en el padrón de cultivos, donde predominan los hortofrutícolas por su alta rentabilidad por metro cúbico de agua. La vid de mesa se posiciona en segundo lugar, pues supera en 3.7 veces la rentabilidad promedio respecto a otros frutales. Dicha rentabilidad se debe al consumo de agua que tiene este frutal en relación con la utilidad que deja al productor debido al precio en el mercado de la vid de mesa, que está por encima del resto de los frutales que se cultivan en la costa de Hermosillo.

El riego por goteo es un sistema de por sí eficiente en la irrigación. Sin embargo, existen herramientas y factores que incrementan su eficiencia, como el uso de sensores de humedad del suelo y un correcto mantenimiento del sistema a lo largo de su vida útil. En el caso de la vid de mesa, un frutal caducifolio, el riego por goteo facilita la eficiencia, pues permite restricciones de humedad en ciertas etapas fenológicas del cultivo. Se debe tomar en cuenta que para una adecuada programación del riego es necesario el uso de sensores de humedad del suelo en el perfil de la zona radicular de la planta y de estaciones agrometeorológicas automatizadas, las cuales proporcionan datos de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) que se utiliza como un importante parámetro en la programación de los riegos (Labedzki *et al.*, 2011).

La ET<sub>o</sub> se expresa en milímetros de agua extraídos por un cultivo de cobertura total, como un pasto o alfalfa, que posee una determinada altura y sin estrés hídrico, con base en el método de la FAO de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 2006). Williams *et al.* (2003) mostraron que proporcionando el 90 % de la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) es suficiente para suplir los requerimientos hídricos de la vid de mesa. Sin embargo, con el 60 % de la ET<sub>c</sub> resulta insuficiente para el cultivo. Se ha observado que los déficit de agua en las hojas de la vid provocan una reducción de elasticidad y plasticidad. Del mismo modo disminuye el tamaño de la lámina foliar (Schultz y Matthews, 1993).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la reducción del riego en el rendimiento y la calidad de las bayas de vid en los cultivares 'Perlette' y 'Sugraone', en la costa de Hermosillo, Sonora.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Agrícola San Luis, localizado en la costa de Hermosillo, Sonora, México

## INTRODUCTION

Table grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivation is of great importance in the Hermosillo Coast region of Sonora, generating 2.5 million work days as part of a 280 million dollar per year industry. However, limited water availability for irrigation demands efficient use of it (Valdez *et al.*, 2007). This situation has forced a change in crop patterns, where fruits and vegetables dominate due to their high profitability per cubic meter of water. Table grapevine is the second most profitable, with its average profitability being 3.7 times greater than that of other fruit crops. This profitability is due to this fruit crop's water consumption in relation to the producer's profit resulting from the market price of table grapes, which is above that of the other fruit crops grown in the Hermosillo Coast region.

Drip irrigation is an efficient watering system. However, there are tools and factors that increase its efficiency, such as the use of soil moisture sensors and proper system maintenance over the system's lifetime. In the case of table grapevine, a deciduous fruit crop, drip irrigation facilitates efficiency, since it allows moisture restrictions during certain phenological crop stages. It should be noted that for proper irrigation scheduling it is necessary to use both soil moisture sensors in the plant's root zone profile and automatic agro-weather stations, which provide data for reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) that is used as an important parameter in irrigation scheduling (Labedzki *et al.*, 2011).

ET<sub>o</sub> is expressed in millimeters of water extracted by a total coverage crop, such as grass or alfalfa, which has a certain height and no water stress, based on the FAO Penman-Monteith method (Allen *et al.*, 2006). Williams *et al.* (2003) showed that providing 90 % crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) is sufficient to meet table grapevine water requirements. However, providing 60 % ET<sub>c</sub> is insufficient for the crop. It has been observed that water deficit in grape leaves causes a reduction in elasticity and plasticity. Similarly, it decreases the size of the leaf blade (Schultz and Matthews, 1993).

The aim of this study was to evaluate the effect of reduced irrigation on the yield and quality of grapes in 'Perlette' and 'Sugraone' cultivars, in the Hermosillo Coast region of Sonora.

## MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted at the San Luis Agricultural Field, located in the Hermosillo Coast region in Sonora, Mexico (29° 00' 37.05" N, 111° 28' 39.73" W, at 81 m elevation) in a sandy loam soil. We assessed seven-year-old 'Perlette' and 'Sugraone' grapevine cultivars in high density: 'Perlette' with 4.0 m spacing between rows and 1.0 m between plants (2,500 plants·ha<sup>-1</sup>), and

(29° 00' 37.05" N, 111° 28' 39.73" O, a 81 m de altitud), en un suelo franco arenoso. Se evaluaron los cultivares de vid de mesa 'Perlette' y 'Sugraone' de siete años de edad en alta densidad: 'Perlette' con 4.0 m de separación entre hileras y 1.0 m entre plantas (2,500 plantas·ha<sup>-1</sup>) y 'Sugraone' con 4.0 m de separación entre hileras y 1.5 m entre plantas (1,666 plantas·ha<sup>-1</sup>). Se utilizó el sistema de riego por goteo con manguera de riego de 16 mm de diámetro, con goteros autocompensados distanciados a 75 cm, con gasto de 3.5 litros·h<sup>-1</sup>, de modo que se tuvo un gasto nominal equivalente a 4.6 litros·h<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup>.

Se elaboraron programas de riego basados en la evapotranspiración del cultivo (ETc), calculados multiplicando la evapotranspiración de referencia (ETo) por el coeficiente del cultivo (Kc) correspondiente a vid de mesa en la región (Cuadros 1 y 2). El programa de riego en ambos cultivares fue en tres etapas: a) riego para la formación del bulbo de humedad (enero), b) riegos para reposición de ETc (febrero-junio) y c) riego para manejo de poscosecha (julio-diciembre).

'Sugraone' with 4.0 m spacing between rows and 1.5 m between plants (1,666 plants·ha<sup>-1</sup>). We used a drip irrigation system with 16-mm diameter irrigation tubing, with self-compensating drippers spaced 75 cm apart, and with a discharge of 3.5 liters·h<sup>-1</sup>, resulting in a nominal discharge equivalent to 4.6 liters·h<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup>.

Irrigation schemes were developed based on crop evapotranspiration (ETc), calculated by multiplying the reference evapotranspiration (ETo) by the crop coefficient (Kc) for table grapevine in the region (Tables 1 and 2). The irrigation program in both cultivars was in three stages: a) irrigation for wet bulb formation (January), b) watering for ETc replenishment (February-June) and c) irrigation for postharvest management (July-December).

Three treatments were evaluated:

a) Restricted irrigation. We applied 70 % ETc, with 1.6 liter·h<sup>-1</sup> self-compensating drippers, spaced 50 cm apart, with 3.2-liter·h<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup> nominal discharge.

**CUADRO 1. Coeficiente del cultivo (Kc) de enero a diciembre para los cultivares 'Perlette' y 'Sugraone' durante 2007 y 2008.**

**TABLE 1. Crop coefficient (Kc) from January to December for the 'Perlette' and 'Sugraone' cultivars in 2007 and 2008.**

Cultivar	ene Jan	feb Feb	mar Mar	abr Apr	may May	jun Jun	jul Jul	ago Aug	sep Sep	oct Oct	nov Nov	dic Dec
Perlette	Rp/hi	25	65	89	94	54	63	49	40	34	19	24
Sugraone	Rp/hi	13	52	86	90	70	63	49	40	34	19	24

rp = Riego pesado, equivalente a 39 y 40 horas de riego continuo para formación del bulbo de humedad.

hi = heavy irrigation, equivalent to 39 and 40 hours of continuous irrigation for wet bulb formation.

**CUADRO 2. Evapotranspiración de referencia (ETo) de la estación Santa Inés de enero a diciembre durante 2007 y 2008.**

**TABLE 2. Reference evapotranspiration (ETo) at the Santa Inés station from January to December in 2007 and 2008.**

AÑO / YEAR	EVAPOTRANSPIRACIÓN MENSUAL (mm) / MONTHLY EVAPOTRANSPIRATION (mm)												TOTAL
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
2007	86	114	159	182	222	228	185	175	160	153	94	76	1832.3
2008	81	109	163	194	206	210	173	167	167	152	102	77	1801.7
Promedio Average	84	111	161	188	214	219	179	171	163	152	98	77	1817.0

Se evaluaron tres tratamientos:

a) Riego restringido. Se aplicó el 70 % de ET<sub>c</sub>, con goteros autocompensados de 1.6 litros·h<sup>-1</sup> separados 50 cm, con gasto nominal de 3.2 litros·h<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup>.

b) Riego modificado. Se aplicó el 100 % de la ET<sub>c</sub> durante todo el año, con goteros autocompensados de 2.3 litros·h<sup>-1</sup>, separados 50 cm, con un gasto de 4.6 litros·h<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup>. Este tratamiento fue para observar la formación del bulbo húmedo con mayor número de goteros por metro lineal.

c) Testigo. Se aplicó el 100 % de la ET<sub>c</sub> con goteros autocompensados de 3.5 litros·h<sup>-1</sup> separados 75 cm, con un gasto nominal de 4.6 litros·h<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup>. Las características del sistema de riego testigo son las predominantes en los viñedos de la costa de Hermosillo.

Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con 15 repeticiones. Las parcelas experimentales fueron de tres hileras de plantas de 100 m de largo. Se seleccionaron cinco plantas por cada hilera, 15 plantas como parcela útil de cada tratamiento. Las variables evaluadas fueron número de racimos, peso de racimos, rendimiento de planta, diámetro de baya y sólidos solubles (°Brix). La cosecha de 'Perlette' se realizó en mayo, y la de 'Sugraone', en junio. Los racimos cosechados se pesaron y se seleccionaron tres bayas, a las que se midieron el diámetro basal, diámetro ecuatorial, diámetro apical y sólidos solubles (°Brix).

El análisis estadístico se realizó por cultivares y por año de evaluación. Se hicieron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias Tukey con el paquete estadístico SAS.

Para llevar un mejor control de los riegos, en la línea central de cada tratamiento se instaló una estación de monitoreo de humedad del suelo consistente en dos sensores de resistencia eléctrica marca *Watermark* que indican los cambios de humedad en el suelo mediante valores de tensión expresada en centibares (cb). Dichos dispositivos tienen un rango de medición que va de cero hasta 200 cb. Las lecturas cercanas a cero cb corresponden a un suelo que está completamente saturado de agua, y las cercanas a 40 cb, a un suelo que requiere agua.

Los sensores se colocaron a 10 cm de distancia del gotero con 15 cm entre un sensor y otro, a 40 y 80 cm de profundidad, dentro del bulbo de mojado. Las lecturas de tensión de humedad se registraron diariamente con un medidor digital. Mediante la multiplicación de las horas de riego suministradas por un factor de conversión, se calculó la cantidad de agua en cada riego y finalmente la lámina de riego acumulada durante todo el año. La evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) se obtuvo consultando diariamen-

b) Modified Irrigation. We applied 100 % ET<sub>c</sub> throughout the year, with 2.3-liter·h<sup>-1</sup> self-compensating drippers, spaced 50 cm apart, with 4.6 liter·h<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup> discharge. This treatment was to observe wet bulb formation with more drippers per linear meter.

c) Control. We applied 100 % ET<sub>c</sub> with 3.5 liter·h<sup>-1</sup> self-compensating drippers, spaced 75 cm apart, with 4.6 liter·h<sup>-1</sup>·m<sup>-1</sup> nominal discharge. The characteristics of the control irrigation system are predominant in the vineyards of the Hermosillo Coast region.

A randomized complete block experimental design with 15 replications was used. The experimental plots consisted of three rows of plants 100 m long. Five plants were selected per row, 15 plants as useful plot of each treatment. The variables evaluated were number of clusters, cluster weight, plant yield, grape diameter and soluble solids (°Brix). The 'Perlette' harvest was conducted in May, and the 'Sugraone' one in June. The harvested clusters were weighed and three grapes were selected, from which basal diameter, equatorial diameter, apical diameter and soluble solids (°Brix) were measured.

Statistical analysis was performed per cultivar and assessment year. Analysis of variance and Tukey's range test were carried out with the SAS statistical program.

For better irrigation control, a soil moisture monitoring station was installed in the center line of each treatment, consisting of two *Watermark* electrical resistance sensors that indicate soil moisture changes using tension values expressed in centibars (cb). These devices have a measurement range from zero to 200 cb. Near-zero cb readings correspond to a soil that is fully saturated with water, and readings close to 40 cb correspond to a soil that requires water.

The sensors were placed 10 cm away from the dripper with 15 cm between each sensor, at 40 and 80 cm deep within the wet bulb. The moisture tension readings were recorded daily with a digital meter. By multiplying the watering hours supplied by a conversion factor, we calculated the amount of water in each irrigation application and finally the irrigation depth accumulated throughout the year. The reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) was obtained by consulting, on a daily basis, data from the Santa Inés agro-weather station, which provides the ET<sub>o</sub> values in mm·day<sup>-1</sup>.

## RESULTS

In the 2007 and 2008 agricultural cycles, the water applied to the 'Perlette' cv was recorded. In the control and modified irrigations, the average irrigation depth was 112.9 cm, while in the restricted irrigation only 79.1 cm were applied. In the 'Sugraone' cv, the average irrigation

te los datos de la estación agrometeorológica Santa Inés, la cual proporciona los valores de ETo en mm·día<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS

En los ciclos agrícolas 2007 y 2008 se registró el agua aplicada al cv 'Perlette'. En el testigo y riego modificado la lámina de riego promedio fue de 112.9 cm, mientras que en el riego restringido solamente se aplicaron 79.1 cm. En el

depth was 112.6 cm for the control and modified irrigations. By contrast, it was 78.8 cm in the restricted irrigation. The average accumulated ETo in 2007 and 2008 was 181.7 cm.

The soil moisture monitoring was conducted in 2007 and 2008. Only the results of the last year are presented because the effects manifested in perennial crops are from the previous year's management. Figure 1 shows the soil

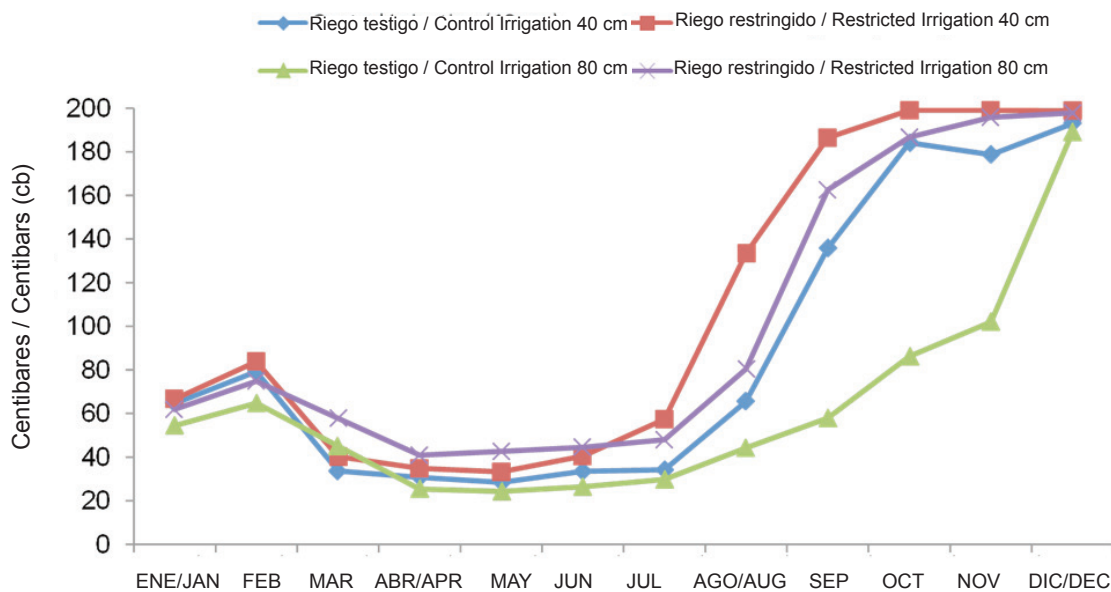


FIGURA 1. Tensiones de humedad del suelo a 40 y 80 cm en el cv 'Sugraone' durante el 2008, con riego restringido y riego testigo.

FIGURE 1. Soil moisture tensions at 40 and 80 cm in 'Sugraone' cv in 2008, with restricted irrigation and control irrigation.

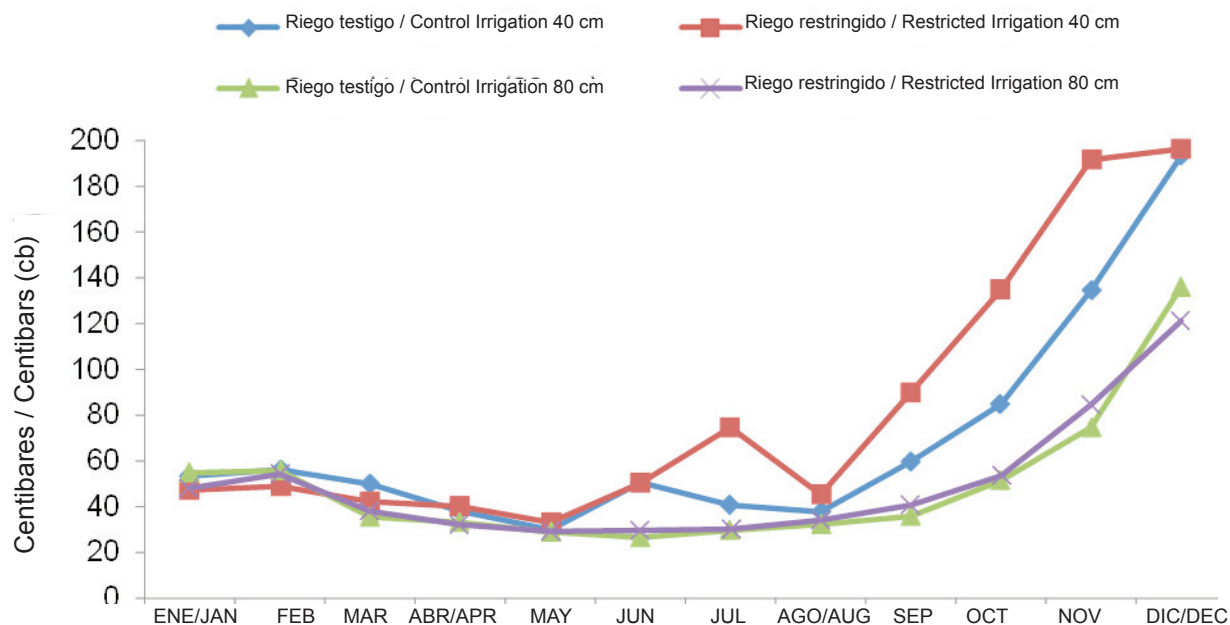


FIGURA 2. Tensiones de humedad del suelo a 40 y 80 cm en el cv 'Perlette' durante el 2008, con riego restringido y riego testigo.

FIGURE 2. Soil moisture tensions at 40 and 80 cm in 'Perlette' cv in 2008, with restricted irrigation and control irrigation.



cv 'Sugraone' la lámina de riego promedio fue de 112.6 cm para el testigo y riego modificado. En cambio, en el riego restringido fue de 78.8 cm. La ETo acumulada promedio en 2007 y 2008 fue 181.7 cm.

El monitoreo de humedad del suelo se realizó en los años 2007 y 2008. Se presentan únicamente los resultados del último año debido a que los efectos manifestados en los cultivos perennes son del manejo del año anterior. En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la humedad del suelo en 'Sugraone'. Se aprecia claramente que en el riego restringido en el sensor a 40 cm durante los meses de marzo a junio, meses más críticos para este cultivar, la tensión de humedad no sobrepasó los 40 cb.

Los datos de tensión de humedad del suelo en 'Perlette' durante el año 2008 se presentan en la Figura 2. Se observa que en el mes de junio el sensor a 40 cm, tanto en riego restringido como en el testigo, registró un ligero déficit de humedad, llegando a los 50 cb. Sin embargo, la calidad y rendimiento de la fruta no se vieron afectados debido a que este cultivar es de ciclo de producción más temprano, con respecto a 'Sugraone', y la cosecha se inicia en el mes de mayo.

En el tiempo de cosecha los parámetros de producción y calidad en 'Perlette' no presentaron diferencias estadísticas significativas respecto al número de racimos, peso de racimos, rendimiento de planta, diámetro de baya y sólidos solubles (Cuadro 3).

moisture behavior in 'Sugraone'. It clearly shows that in the restricted irrigation in the sensor at 40 cm during the March-June period, which is the most critical time for this cultivar, moisture tension did not exceed 40 cb.

The soil moisture tension data for 'Perlette' during 2008 are presented in Figure 2. It is observed that in June the sensor at 40 cm, both in the restricted and control irrigations, recorded a slight moisture deficit, reaching 50 cb. However, fruit quality and yield were not affected because this cultivar has an earlier production cycle compared to 'Sugraone', and harvesting begins in May.

At harvest time the production and quality parameters in 'Perlette' did not present statistically significant differences regarding the number of clusters, cluster weight, plant yield, grape diameter and soluble solids (Table 3).

The 'Perlette' cv did not present statistically significant differences, in 2008, in cluster number, grape diameter and soluble solids. By contrast, modified irrigation presented statistically significant differences in plant yield. In Tukey's range test ( $P \leq 0.05$ ), an increase of 28.7 % compared to restricted irrigation was observed. In cluster weight, the restricted irrigation presented highly significant statistical differences, decreasing 23.5 and 20.6 % compared to the modified and control irrigations, respectively (Table 4). The 'Sugraone' cv did not present statistically significant differences in 2007 for cluster number, grape diameter and soluble solids. By contrast, for cluster weight and plant

**CUADRO 3. Efecto del riego en número de racimos, peso de racimos, rendimiento por planta, diámetro de baya y sólidos solubles, en el cultivar 'Perlette' del Viñedo San Luis, costa de Hermosillo, Sonora, México. Ciclo de producción 2007.**

**TABLE 3. Irrigation effect on cluster number, cluster weight, yield per plant, grape diameter and soluble solids in the 'Perlette' cultivar from the San Luis Vineyard, located in the Hermosillo Coast region, Sonora, Mexico, 2007 production cycle.**

Tratamiento / Treatment	Número de racimos / Cluster number	Peso de racimo / Cluster weight (g)	Rendimiento por planta / Yield per plant (kg)	Diámetro ecuatorial de baya / Equatorial grape diameter (mm)	Sólidos solubles / Soluble Solids (°Brix)
Riego restringido / Restricted irrigation	33.867a <sup>z</sup>	240.400a	8.280a	19.620a	17.800a
Riego modificado / Modified irrigation	34.933a	233.800a	8.313a	19.440a	17.400a
Riego testigo / Control irrigation	36.267a	222.400a	8.025a	19.427a	17.220a
CV	23.640 %	14.658 %	30.034 %	2.095 %	3.894 %
DMSH / HSD	7.480	30.750	2.227	0.369	0.615

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

<sup>z</sup> Values with the same letter within a factor in each column are equal according to Tukey's test at  $P \leq 0.05$ . HSD: honestly significant difference; CV: coefficient of variation.

El cv 'Perlette' no presentó diferencia estadística significativa, durante 2008, en número de racimos, diámetro de baya y sólidos solubles. En cambio, en rendimiento de planta el riego modificado presentó diferencia estadística significativa. En la comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ) se observó un incremento de 28.7 %, respecto a riego restringido. En peso de racimo, el riego restringido presentó diferencia estadística altamente significativa, disminuyendo 23.5 y 20.6 % respecto a riego modificado y testigo, respectivamente (Cuadro 4). El cv 'Sugraone' no presentó diferencia estadística significativa en 2007 para número de raci-

yield a statistically significant difference was observed. In Tukey's range test ( $P \leq 0.05$ ) in cluster weight, the control increased 17 % compared to modified irrigation. In grape diameter, the control exceeded the modified irrigation by 1.6 % (Table 5).

During 2008, 'Sugraone' showed no significant statistical difference in cluster weight. By contrast, cluster number, plant yield and grape diameter showed significant statistical difference, and soluble solids obtained highly significant difference. In Tukey's range test ( $P \leq$

**CUADRO 4. Efecto del riego en número de racimos, peso de racimos, rendimiento por planta, diámetro de baya y sólidos solubles, en el cultivar 'Perlette' del Viñedo San Luis, costa de Hermosillo, Sonora, México. Ciclo de producción 2008.**

**TABLE 4. Irrigation effect on cluster number, cluster weight, yield per plant, grape diameter and soluble solids in the 'Perlette' cultivar from the San Luis Vineyard, Hermosillo Coast region, Sonora, Mexico, 2008 production cycle.**

Tratamiento / Treatment	Número de racimos / Cluster number	Peso de racimo / Cluster weight (g)	Rendimiento de planta / Yield per plant (kg)	Diámetro de baya / Equatorial grape diameter (mm)	Sólidos solubles / Soluble Solids (°Brix)
Riego restringido / Restricted irrigation	39.733a <sup>z</sup>	167.120b	6.807b	18.007a	16.980a
Riego modificado / Modified irrigation	43.000a	218.570a	9.547a	18.020a	17.087a
Riego testigo / Control irrigation	35.800a	210.350a	7.507ab	18.180a	16.480a
CV	22.722 %	17.326 %	31.485 %	4.605 %	5.381 %
DMSH / HSD	8.111	31.101	2.262	0.752	0.819

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

<sup>z</sup> Values with the same letter within a factor in each column are equal according to Tukey's test at  $P \leq 0.05$ ; HSD: honestly significant difference; CV: coefficient of variation.

**CUADRO 5. Efecto del riego en número de racimos, peso de racimos, rendimiento por planta, diámetro de baya y sólidos solubles, en el cultivar 'Sugraone' del Viñedo San Luis, costa de Hermosillo, Sonora, México. Ciclo de producción 2007.**

**TABLE 5. Irrigation effect on cluster number, cluster weight, yield per plant, grape diameter and soluble solids in the 'Sugraone' cultivar from the San Luis Vineyard, Hermosillo Coast region, Sonora, Mexico, 2007 production cycle.**

Tratamiento / Treatment	Número de racimos / Cluster number	Peso de racimo / Cluster weight (g)	Rendimiento de planta / Yield per plant (kg)	Diámetro de baya / Equatorial grape diameter (mm)	Sólidos solubles / Soluble Solids (°Brix)
Riego restringido / Restricted irrigation	32.933a <sup>z</sup>	324.200ab	11.020a	20.360ab	17.813a
Riego modificado / Modified irrigation	24.667a	282.530b	7.087a	20.133b	18.040a
Riego testigo / Control irrigation	35.267a	330.470a	11.847a	20.460a	17.787a
CV	44.447 %	14.959 %	53.714 %	1.760 %	3.705 %
DMSH / HSD	12.431	42.221	4.846	0.323	0.599

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

<sup>z</sup> Values with the same letter within a factor in each column are equal according to Tukey's test at  $P \leq 0.05$ ; HSD: honestly significant difference; CV: coefficient of variation.

**CUADRO 6.** Efecto del riego en número de racimos, peso de racimos, rendimiento por planta, diámetro de baya y sólidos solubles, en el cultivar 'Sugraone' del Viñedo San Luis, costa de Hermosillo, Sonora, México. Ciclo de producción 2008.

**TABLE 6.** Irrigation effect on cluster number, cluster weight, yield per plant, grape diameter and soluble solids in the 'Sugraone' cultivar from the San Luis Vineyard, Hermosillo Coast region, Sonora, Mexico, 2008 production cycle.

Tratamiento / Treatment	Número de racimos / Cluster number	Peso de racimo / Cluster weight (g)	Rendimiento de planta / Yield per plant (kg)	Diámetro de baya/ Equatorial grape diameter (mm)	Sólidos solubles / Soluble Solids (°Brix)
Riego restringido / Restricted irrigation	37.201a <sup>z</sup>	358.910a	13.420a	20.493a	18.087a
Riego modificado / Modified irrigation	29.533ab	372.710a	12.513ab	19.780b	16.707b
Riego testigo / Control irrigation	21.400b	381.630a	7.960b	19.760b	17.360ab
CV	47.706 %	15.439 %	45.195 %	3.654 %	5.136 %
DMSH / HSD	12.662	51.762	4.613	0.661	0.807

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ ; DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

<sup>z</sup> Values with the same letter within a factor in each column are equal according to Tukey's test at  $P \leq 0.05$ ; HSD: honestly significant difference; CV: coefficient of variation.

mos, diámetro de baya y sólidos solubles. En cambio, para peso de racimo y rendimiento de planta se observó diferencia estadística significativa. En la comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ) en peso de racimo, el testigo incrementó 17 % con respecto a riego modificado. En diámetro de baya el testigo superó en 1.6 % a riego modificado (Cuadro 5).

En 'Sugraone' durante 2008, peso de racimo no mostró diferencia estadística significativa. En cambio, número de racimos, rendimiento de planta y diámetro de baya mostraron diferencia estadística significativa, y sólidos solubles obtuvo diferencia altamente significativa. En la comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ) el riego restringido en número de racimos superó con 42.5 % al testigo. En rendimiento de planta, el riego restringido incrementó 40.7 % respecto al testigo. En diámetro de baya riego restringido superó a riego modificado y al testigo en 3.5 % y 3.6 %, respectivamente. En sólidos solubles, riego restringido aumentó 7.6 % con respecto a riego modificado (Cuadro 6).

### DISCUSIÓN

En los cultivares 'Perlette' y 'Sugraone', tanto en testigo como en riego modificado, la lámina de riego promedio aplicada (113 cm) durante todo el ciclo de producción correspondió al 62 % de la ETo acumulada promedio de 2007 y 2008, y en el riego restringido se aplicó únicamente el 43 % (79 cm de lámina de riego). En forma similar Williams *et al.* (2003) realizaron un estudio durante tres años consecutivos, donde aplicaron el 60 y 73 % de la ETo, sin que se afectaran negativamente la calidad y el rendimiento de la vid. En 'Perlette' durante la primera semana de mayo se redujo el riego para acelerar la acumulación de azúcares, ya que déficit hídricos controlados mejoran la calidad de las bayas (Muñoz *et al.*, 2002). En 'Sugraone' no fue necesario realizar esta labor debido a que es un cultivar de ciclo más largo.

0.05), restricted irrigation surpassed the control in cluster number by 42.5 %. In plant yield, restricted irrigation increased 40.7 % compared to the control. In grape diameter, restricted irrigation surpassed modified and control irrigations by 3.5 % and 3.6 %, respectively. In soluble solids, restricted irrigation increased 7.6 % compared to modified irrigation (Table 6).

### DISCUSSION

In the 'Perlette' and 'Sugraone' cultivars, both in the control and in modified irrigation, the average irrigation depth (113 cm) applied throughout the production cycle corresponded to 62 % of the average accumulated ETo in 2007 and 2008, and in restricted irrigation only 43 % (79 cm irrigation depth) was applied. Similarly, Williams *et al.* (2003) conducted a study for three consecutive years, where they applied 60 and 73 % ETo, without adversely affecting grapevine quality and yield. In 'Perlette', during the first week of May, watering was reduced to accelerate the accumulation of sugars, since controlled water deficits improve grape quality (Muñoz *et al.*, 2002). In 'Sugraone', it was not necessary to perform this work because it has a longer growing cycle.

It was observed that even when irrigation was restricted, there was no significant decrease in yield and quality during the two years that were evaluated. However, the effect could occur until three to five years after irrigation changes, as mentioned by Keller *et al.* (2008). The accumulated ETo difference was minimal and did not present an upward trend caused by the continuous increase in temperature, as mentioned in research related to climate change and global warming conducted by Rackley and Marshall (2010). By contrast, in 2008 ETo decreased by 3.0 cm compared to 2007.



Se observó que aun cuando se manejó una restricción en el riego, no hubo una disminución significativa en rendimiento y calidad durante los dos años que se evaluaron. Sin embargo, el efecto podría presentarse hasta los tres o cinco años posteriores a la modificación del riego, según mencionan Keller *et al.* (2008). La diferencia de ETo acumulada fue mínima y no presentó una tendencia ascendente ocasionada por el incremento continuo en la temperatura, como se menciona en investigaciones relacionadas con el cambio climático y calentamiento global realizadas por Rackley y Marshall (2010). Por el contrario, en el 2008 la ETo decreció 3.0 cm con respecto al 2007.

Los valores más altos de Kc no necesariamente corresponden a los meses más calurosos, como mencionan Santos y Kaye (2009). Se observó que el valor de coeficiente de cultivo está regido por la fenología de la planta, más que por las condiciones climáticas. Dichos valores en la región de la costa de Hermosillo se presentan en abril y mayo, coincidiendo con la etapa fenológica de crecimiento y maduración de bayas.

Con respecto al monitoreo de humedad del suelo, 'Sugraone' en riego restringido a 80 cm de profundidad presentó un contraste en valores de tensión del primer año con respecto al segundo: en 2007 las tensiones sobrepasaron los 100 cb mientras que en 2008 se mantuvieron en 40 cb. Esto indica que 'Sugraone' reaccionó al cambio de riego con una pérdida de humedad en el sensor a 80 cm en el primer año, pero se adaptó relativamente a la restricción del riego, ya que la vid es una de las especies que mejor se adaptan a las condiciones de estrés hídrico y posee una adaptación fisiológica a nivel celular, conocida como ajuste osmótico (Cifré *et al.*, 2005; Patakas y Noitsakis, 2001). La variación en el déficit de humedad observada se puede explicar por qué la cantidad de agua aplicada suplía el perfil de suelo hasta 40 cm, pero fue insuficiente para mantener la humedad hasta 80 cm. Dado que se observó que las plantas de 'Sugraone' estaban más vigorosas que en 'Perlette', puede afirmarse que la demanda hídrica fue mayor en el segundo. Sin embargo, a pesar del incremento en los valores de tensión no se afectaron negativamente la calidad y el rendimiento de la fruta para el primer año.

El cultivar 'Perlette' no respondió a las modificaciones de riego en 2007, pero en 2008 el riego modificado incrementó el rendimiento por planta y peso de racimos. Esto significa que el patrón de mojado provocado con el incremento de goteros por metro favoreció a este cultivar. 'Sugraone' respondió a la modificación del riego en 2007, pues presentó decremento del rendimiento y calidad en el riego modificado con respecto al testigo. Esto quiere decir que el incremento en el número de goteros por metro lineal no favoreció a este cultivar. Sin embargo, en 2008 el riego restringido mostró resultados más favorables, superando al testigo en número de racimos, rendimiento de planta y

The highest Kc values do not necessarily correspond to the warmest months, as mentioned by Santos and Kaye (2009). It was observed that crop coefficient value is governed by plant phenology, rather than climatic conditions. These values in the Hermosillo Coast region occur in April and May, coinciding with the phenological growth and ripening stage of the grapes.

With regard to soil moisture monitoring, 'Sugraone' in restricted irrigation at 80 cm deep showed a contrast in tension values between the first and second years: in 2007 tensions surpassed 100 cb while in 2008 they stood at 40 cb. This indicates that 'Sugraone' reacted to the irrigation change with a moisture loss in the sensor at 80 cm in the first year, but it adapted relatively well to the irrigation restriction, since grapevine is one of the species best adapted to water stress conditions and has a physiological adaptation at the cellular level, known as osmotic adjustment (Cifré *et al.*, 2005; Patakas and Noitsakis, 2001). The variation in the observed moisture deficit may be because the amount of water applied provided the soil profile up to 40 cm, but it was insufficient to maintain moisture up to 80 cm. Since it was observed that 'Sugraone' plants were more vigorous than 'Perlette' plants, it can be said that water demand was higher in the latter. However, despite the increase in tension values, fruit quality and yield were not adversely affected in the first year.

The 'Perlette' cultivar did not respond to changes in irrigation in 2007, but in 2008 the modified irrigation increased yield per plant and cluster weight. This means that the wet pattern caused by the increase in drippers per meter favored this cultivar. 'Sugraone' responded to irrigation modification in 2007, as it presented a decrease in yield and quality in the modified irrigation compared to the control. This means that the increase in the number of drippers per linear meter did not favor this cultivar. However, in 2008 the restricted irrigation showed more favorable results, surpassing the control in cluster number, yield per plant and grape diameter. Similarly, it surpassed modified irrigation in grape diameter and soluble solids.

This type of assessment needs to be performed for a longer period, because the data is only available for two years, and the effects may manifest themselves more severely in the following years, as mentioned by Keller *et al.* (2008).

## CONCLUSIONS

In the 'Perlette' and 'Sugraone' table grapevine cultivars, a decrease in irrigation depth below potential evapotranspiration (ETo) can be applied, restricting watering in non-critical crop stages to reduce negative effects on yield and production quality in the Hermosillo Coast region.

Continuous soil moisture monitoring that maintains

diámetro de baya. De forma similar, superó al riego modificado en diámetro de baya y sólidos solubles.

Se requiere realizar este tipo de evaluaciones por más tiempo, ya que solamente se tienen datos de dos años, y es posible que los efectos se manifiesten con más severidad en los años siguientes, como mencionan Keller *et al.* (2008).

### CONCLUSIONES

En los cultivares de vid de mesa 'Perlette' y 'Sugraone' se puede aplicar una disminución en la lámina de riego por debajo de la evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>), restringiendo los riegos en etapas no críticas del cultivo para reducir los efectos negativos en el rendimiento y calidad de la producción en la región de la costa de Hermosillo.

El continuo monitoreo de la humedad del suelo manteniendo tensiones de 25 a 50 cb hasta cosecha, y posteriormente de 100 a 200 cb, permite reducir el consumo de agua para riego sin afectar rendimiento y calidad.

El cultivar 'Sugraone' responde favorablemente al riego restringido, optimizando en 30 % el consumo de agua sin decrementos en rendimiento y calidad de la producción. En cambio, en el cultivar 'Perlette' la restricción del riego provocó una reducción de dichos parámetros.

### LITERATURA CITADA

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. 2006. Evapotranspiración del Cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje 56. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia. 298 p. <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idx56s.pdf>
- CIFRÉ, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J.; MEDRANO, H.; FLEXAS, J. 2005. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.): An open gate to improve water-use efficiency?. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 106(2-3): 159-170. doi: 10.1016/j.agee.2004.10.005
- KELLER, M.; SMITHYMAN, R. P.; MILLS, L. J. 2008. Interactive effects of deficit irrigation and crop load on Cabernet Sauvignon in an arid climate. *American Journal of Enology and Viticulture* 59(3): 221-234. <http://www.ajevonline.org/content/59/3/221.full.pdf>
- LABEDZKI, L.; KANECKA-GESZKE, E.; BAK, B.; SLOWINSKA, S. 2011. Estimation of Reference Evapotranspiration Using the FAO Penman-Monteith Method for Climatic Conditions of Poland. pp 275-294. <http://cdn.intechweb.org/pdfs/14190.pdf>

tensions of 25 to 50 cb until harvest, and subsequently from 100 to 200 cb, enables reducing water consumption for irrigation without affecting yield and quality.

The 'Sugraone' cultivar responds favorably to restricted irrigation, optimizing water consumption by 30 % without decrements in yield and production quality. By contrast, irrigation restriction in the 'Perlette' cultivar caused a reduction in these parameters.

### End of English Version

- MUÑOZ, R.; PÉREZ, J.; PSZCZÓLKOWSKI; BORDEU, E. 2002. Influencia del nivel de carga y microclima sobre la composición y calidad de bayas, mosto y vino de Cabernet-Sauvignon, *Ciencia e Investigación Agraria* 29(2): 115-125. [http://www.parotwines.cl/Papers/29\\_2\\_influencia-1.pdf](http://www.parotwines.cl/Papers/29_2_influencia-1.pdf)
- PATAKAS, A.; NOITSAKIS, B. 2001. Leaf age effects on solute accumulation in water stressed grapevines. *Journal of Plant Physiology* 158(1): 63-69. doi: 10.1078/0176-1617-00003
- RACKLEY, A.; MARSHALL, T. 2010. Natural Environment Research Council. Planet Earth. Annual Report and Accounts.
- SANTOS, A. O.; KAYE, O. 2009. Composición and chemical-sensorial profile of 'Syrah' cultivated under transient water stress. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13(3): 272-281. doi: 10.1590/S1415-43662009000300008
- SCHULTZ, H. R.; MATTHEWS, A. M. 1993. Growth, Osmotic Adjustment, and Cell-Wall Mechanics of Expanding Grape Leaves during Water Deficits. *Crop Science Society of America* 33(2): 287 - 294. <https://www.agronomy.org/publications/cs/pdfs/33/2/CS0330020287>
- VALDÉZ G., B.; DURÓN N., L. J.; PAYÁN O., S. 2007. La Región de la Costa de Hermosillo: Un ejemplo a seguir en aprovechamiento del Agua. *Sonora Produce* 2(6): 4-5. <http://www.produce.org.mx/images/stories/revistas/revista6.pdf>
- WILLIAMS, L. E.; PHENE, C. J.; GRIMES, D. W.; TROUT, T. J. 2003. Water use of mature Thompson Seedless grapevines in California. *Irrigation Science* 22(1): 11-18. doi: 10.1007/s00271-003-0067-5